



7.46%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 7 FEB 2025, 1:59 PM

Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL
0.18%

● CHANGED TEXT
7.27%

Report #24706025

9 16 BAB I PENDAHULUAN 1.1 Latar Belakang Transportasi merupakan proses perpindahan orang dan/atau barang dari satu lokasi ke lokasi lain menggunakan kendaraan di dalam ruang lalu lintas jalan menurut UU Nomor 22 Tahun 2009. (Widari. 21 2010 dalam) mengatakan bahwa transportasi adalah suatu proses yang melibatkan pergerakan manusia dan barang dari satu lokasi ke lokasi lain dengan bantuan manusia atau mesin. Berdasarkan konsep tersebut bahwa pembangunan dan pertumbuhan suatu wilayah sangat bergantung pada kualitas jaringan jalan. Semakin banyak aktivitas di suatu wilayah, semakin padat lalu lintas di jalan- jalannya, sehingga menuntut peningkatan kapasitas dan kualitas infrastruktur transportasi. 4 7 14 Berdasarkan Peraturan membahas transaksi tol non-tunai di jalan tol, dijelaskan bahwa jalan tol merupakan jalan umum yang merupakan bagian dari sistem jaringan jalan dan berfungsi sebagai jalan nasional dengan penggunaanya diharuskan membayar tol. Sejak 2017, pemerintah bertujuan untuk mempercepat proses transaksi dan mengurangi antrean di gerbang tol dengan mewajibkan penggunaan kartu uang elektronik untuk semua transaksi, menggantikan pembayaran tunai. 7 Selain itu, tarif tol untuk setiap golongan kendaraan ditetapkan berbeda-beda berdasarkan keputusan presiden yang mengatur ketentuan tersebut. Namun, untuk ruas jalan tol merupakan bagian khusus dari jalan tol yang pengelolaannya dapat dikelola oleh badan usaha tertentu sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Salah satu masalah utama di jalan tol adalah

kemacetan pada gerbang tol akibat ketidaksesuaian antara banyaknya gerbang tol 1 (Damanik, 2019) (Permen PUPR No.16/PRT/M/2017, 2017) dengan volume kendaraan yang lalu-lalang. Proses transaksi yang memakan waktu lama semakin memperparah kondisi ini. Menurut peraturan, kemacetan pada jalan tol harus sesuai dengan Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol. menjelaskan antrean kendaraan pada kondisi normal harus kurang dari 10 kendaraan dan jumlah kendaraan harus kurang dari 450 kendaraan tiap jam tiap gardu tol. Jumlah gerbang tol yang beroperasi perlu disesuaikan agar arus kendaraan dapat berjalan lancar tanpa hambatan. Oleh karena itu, banyaknya gerbang tol yang beroperasi perlu disesuaikan dengan volume kendaraan; apabila jumlahnya tidak mencukupi, hal ini dapat mengakibatkan antrian panjang dan biaya pengoperasian yang tinggi. Oleh karena itu, sejalan dengan peran jalan tol yang harus menawarkan layanan berupa kelancaran lalu lintas kendaraan tanpa gangguan, perlu dilakukan penyesuaian jumlah gerbang tol agar layanan yang disediakan dapat memenuhi sesuai dengan ketentuan yang berlaku. ¹⁷ DKI Jakarta yang telah berganti status setelah berlakunya UU Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2024 yang status sebelumnya adalah Ibu Kota Indonesia menjadi DKJ (Daerah Khusus Jakarta). Meskipun Jakarta sudah tidak lagi menjadi ibu kota, akan tetapi Jakarta masih memiliki sistem transportasi yang kompleks dan akan terus berkembang. Salah satu masalah utama di Jakarta adalah tingkat kemacetan yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan kendaraan pribadi yang pesat karena adanya ketidakseimbangan antara jumlah kendaraan dengan kapasitas jalan di Jakarta. Jakarta mempunyai lima kota administratif salah satunya yaitu Kota Jakarta Utara. Jakarta Utara memiliki moda transportasi kendaraan bermotor yang cukup tinggi, menurut dalam Statistik Transportasi Provinsi DKI Jakarta Vol.15, 2023 Kota Jakarta Utara tercatat 2 (Permen Menteri PU No.16/PRT/M/2014, 2014) (Zikra, 2023) memiliki jumlah kendaraan bermotor terbesar ke lima di Jabodetabek. Hal tersebut karena Jakarta Utara menjadi penghubung akses jalan menuju Pelabuhan Tanjung Priok serta akses penghubung antara Jakarta dengan

Jawa Barat. Untuk menunjang transportasi terkhusus pada kendaraan beroda empat atau lebih di Jakarta Utara terdapat enam ruas jalan tol dalam kota pada segmen Kelapa Gading - Pulo Gebang yang menghubungkan Kota Jakarta dan sekitarnya. Jalan tol ini merupakan bagian dari komponen pada Enam Ruas Tol Dalam Kota Jakarta Seksi A Tahap 1 Semanan - Pulogebang dengan panjang 9,29 kilometer. Jalan tol ini menghubungkan wilayah Kelapa Gading dengan Pulo Gebang yang berfungsi sebagai penghubung wilayah kota dan juga sebagai salah satu alternatif untuk mencapai jarak tempuh dalam waktu yang singkat karena kepadatan Jalan Raya Bekasi. Sejak jalan tol tersebut diresmikan peningkatan kerndaraan pada jalan tol Kelapa Gading - Pulo Gebang sampai saat ini meningkat cukup tinggi, oleh karena itu sering terjadi kepadatan terutama pada gerbang tol Kelapa Gading sebagai akses keluar jalan tol yang sering mengalami kepadatan pada jam-jam sibuk. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan sebagai studi kasus pada enam ruas jalan tol dalam kota pada seksi Kelapa Gading – Pulo Gebang untu k mengevaluasi dan merencanakan antrian di gerbang tol, dengan melibatkan analisis terhadap tingkat kedatangan kendaraan serta tingkat pelayanan yang tersedia. Fokus utama dari analisis ini adalah Gerbang Tol Kelapa Gading, yang menerapkan sistem transaksi Gardu Tol Otomatis (GTO). Pemilihan Gerbang Tol Kelapa Gading sebagai objek penelitian didasarkan hasil survei bahwa gerbang ini sering mengalami antrean panjang, terutama pada jam-jam sibuk yang dapat dilihat pada gambar 1.1. Oleh karena itu, tugas akhir ini akan mengkaji kapasitas serta kinerja pelayanan pada 3 gerbang tol saat ini dan di masa yang akan datang guna menghadapi potensi fluktuasi arus kendaraan di jalan tol.

Rumusan Masalah Rumusan Masalah dari penelitian ini adalah: 1. Apakah kapasitas gerbang tol Kelapa Gading telah memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM)? 2. Berapa jumlah gardu tol yang dibutuhkan untuk menampung volume kendaraan yang ada gerbang tol Kelapa Gading? 3. Berapa jumlah gardu tol yang dibutuhkan untuk menampung volume kendaraan yang ada pada gerbang tol

Kelapa Gading pada 5 tahun ke depan? 9 36 1.3 Tujuan Penelitian Tujuan dari penelitian ini adalah: 1. 1 Untuk mengetahui kapasitas gerbang tol Kelapa Gading telah memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM). 2. Untuk mengetahui jumlah gardu tol yang dibutuhkan untuk menampung volume kendaraan yang ada pada saat ini. 3. Untuk mengetahui jumlah gardu tol yang dibutuhkan untuk menampung volume kendaraan yang ada pada 5 tahun ke depan. 1.4 Manfaat Penelitian Manfaat dari penelitian ini adalah: 1. Memberikan informasi mengenai faktor - faktor yang memengaruhi jumlah gerbang tol yang dioperasikan pada Enam Ruas Jalan Tol Dalam Kota segmen Kelapa Gading- Pulo Gebang meliputi berbagai aspek, seperti volume kendaraan, waktu pelayanan, dan sistem transaksi yang diterapkan. Hal ini bertujuan untuk memastikan pengelolaan arus lalu lintas yang optimal sesuai dengan 4 kebutuhan pengguna jalan tol dan standar pelayanan yang berlaku. 2. Sebagai referensi kepada PT. Jakarta Toll Road Development sebagai pengelola jalan tol, dalam merumuskan kebijakan baru yang efektif untuk mengatasi masalah antrian di gerbang tol. 33 1.5 Batasan Masalah Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut: 1. Penelitian ini berfokus pada arus kendaraan yang keluar dari Gerbang Tol Kelapa Gading, karena analisis waktu pelayanan pada gerbang tol terhadap lalu lintas yang melintasi jalan tol meliputi pembahasan yang cukup luas. 2. Berdasarkan susunan loket pelayanan yang terdapat pada setiap gardu di lokasi yang akan diteliti, waktu pelayanan (service time) akan dianalisis saat transaksi dilakukan oleh pengguna kendaraan, yang disesuaikan dengan jenis kendaraan. Beberapa jenis golongan kendaraan yang digolongkan pada PT. Jakarta Tollroad Development, yaitu: 3. Tidak mempertimbangkan aspek ekonomi dan finansial. 4. Tidak memperhitungkan aspek geometrik jalan. 5. Data primer dan sekunder yang diambil meliputi: ☒ Data Primer: - Tingkat kedatangan - Waktu pelayanan - Panjang antrian ☒ Data Sekunder: 5 - Data lalu lintas jalan tol - Konfigurasi gerbang tol 6. Dalam pengambilan data, peneliti melakukan survei selama satu hari di (Weekday) saat jam sibuk (peak hour)

, yaitu antara pukul 06:00 WIB – 10:00 WIB dan untuk waktu pelayanan , pelaksanaan survei pada jam lalu lintas lenggang, yaitu antara pukul 14:00 WIB – 18:00 WIB. Untuk pengambilan data tingkat kedatangan, waktu pelayanan, dan panjang antrian pada jam puncak (peak hour) dibagi menjadi empat periode yaitu: Untuk waktu pelayanan pada non peak hour dibagi menjadi empat periode, yaitu: Kemudian untuk hari libur (weekend) peneliti mengambil survei selama satu hari dengan dibagi menjadi dua sesi waktu.

12 Untuk sesi pertama dibagi menjadi 4 periode, yaitu: Kemudian untuk sesi waktu kedua dibagi menjadi 4 periode, yaitu: 6 1.6 Sistematika Penulisan BAB I PENDAHULUAN Latar belakang, identifikasi masalah, tujuan penelitian, batasan, manfaat, dan sistematika penulisan dibahas dalam bab ini. 8 BAB II TINJAUAN PUSTAKA Bab ini menjelaskan teori dasar yang akan digunakan sebagai landasan untuk menganalisis topik yang dibahas. BAB III METODE PENELITIAN Bab ini memberikan gambaran tentang proses penelitian digunakan untuk mendapatkan data yang akan dianalisis, termasuk objek penelitian, variabel penelitian, proses pengumpulan dan pengolahan data, serta diagram alir penelitian dan waktu penelitian. BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN Bab ini membahas kinerja dan pelayanan pada gerbang tol di Enam Ruas Jalan Tol Dalam Kota pada Seksi Kelapa Gading – Pulo Gebang sesuai dengan Standar Pelayanan Minimal (SPM) BAB V PENUTUP Bab ini menguraikan hasil dan solusi dari analisis penelitian. 7 BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1 Dasar Teori 2.1.1 Pengertian, Tujuan dan Manfaat Jalan Tol Berdasarkan , jalan tol ditetapkan sebagai jalan bebas hambatan yang merupakan komponen dari sistem infrastruktur jalan serta berfungsi sebagai jalan atau rute nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar. Disebutkan juga dalam pasal 1 ayat 5, membahas tentang Tol adalah sejumlah biaya yang harus dibayarkan oleh penggunanya. 6 15 Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) dalam Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT), tujuan jalan tol adalah : Menurut BPJT dan Kementerian PUPR, manfaat jalan tol adalah: 8 (PP Republik Indonesia 23 Tahun 2024, 2024) 2.1 2 Persyaratan Jalan Tol Persyaratan yang

diperlukan untuk pembangunan dan pengelolaan jalan tol di Indonesia harus direncanakan dengan cermat. Berdasarkan Pasal 6 yang membahas mengenai jalan tol, jalan tol memiliki syarat teknik, yaitu: 9 (PP Pemerintah Republik Indonesia 23, 2024) Berdasarkan yang membahas jalan tol, dijelaskan pada pasal 7 bahwasanya jalan tol wajib memiliki spesifikasi sebagai berikut: 10 (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia 23, 2024)

2.1.3 Jenis Kendaraan pada Jalan Tol Merujuk pada membahas mengenai Penetapan Gol Jenis Kendaraan Bermotor Pada Ruas Jalan Tol yang telah beroperasi dengan tujuan untuk mengatur berbagai aspek terkait penetapan tarif, pembatasan lalu lintas, dan penetapan persyaratan teknis.

Berdasarkan ketentuan yang berlaku, golongan kendaraan bermotor yang dapat memanfaatkan fasilitas jalan tol adalah sebagai berikut: 2.1.4 Data

Masukan Lalu Lintas Informasi yang masuk pada data masukan lalu lintas adalah informasi yang dikumpulkan untuk analisis dan perencanaan sistem transportasi . Berdasarkan waktunya, data lalu lintas dapat

diklasifikasikan menjadi data eksisting dan data rencana. **24** Data eksisting adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik pada rentang waktu tertentu,

digunakan untuk menganalisis kondisi lalu lintas yang ada. Sementara itu, data rencana, yang memproyeksikan volume lalu lintas di masa mendatang, digunakan sebagai acuan dalam 11 (Keputusan Kementerian Pekerjaan Umum No.370/KPTS/M2007, 2007) (PKJI - Pedoman Kapasitas Jalan Bebas

Hambatan, 2014) perencanaan kapasitas jalan, termasuk penentuan lebar dan jumlah lajur, berupa arus lalu lintas jam perencanaan (q JP)

yang ditetapkan dari LHRT (Lalu lintas Harian Rata – rata Tahunan)

, faktor K, dan faktor jam sibuk (F JS) merepresentasikan variasi selama jam-jam sibuk.

34 LHRT diperoleh dari data lalu lintas yang dikumpulkan selama satu tahun penuh.

Untuk menetapkan q JP , dasarnya adalah hubungan antara arus pada

jam sibuk atau arus jam perencanaan (q JP) dengan LHRT seperti

yang dijelaskan dalam Persamaan (2.1). $q_{JP} = LHRT \times K \times F_{JS}$

S(2.1) Definisi LHR T Merupakan

Volume lalu lintas rata-rata tahunan yang ditentukan melalui survey

perhitungan lalu lintas yang dilakukan pada rentang waktu selama satu tahun, kemudian dibagi dengan total hari di tahun tersebut, dan ditunjukkan dalam satuan SMP/hari. 2 LHRT juga dapat diperoleh dari data data hasil survey yang bersifat terbatas (misalnya 7 hari x 24 jam) dengan mengikuti prosedur perhitungan LHRT yang berlaku. K adalah faktor jam desain, ditentukan berdasarkan analisis fluktuasi volume lalu lintas selama jam sibuk dalam 1 (satu) tahun. Setelah itu, Nilai K yang dapat diterapkan pada JBH berkisar dari 0,08–0,11; untuk JLK digunakan nilai antara 0,08–0,12 dan untuk JK digunakan nilai antara 0,07–0,12. 2 Nilai lain dapat digunakan jika didasarkan pada kajian yang dapat dipertanggungjawabkan. 2 Misalkan untuk daerah wisata dapat digunakan nilai 0,08 –0,15. F JS adalah faktor jam sibuk, nilainya berkisar antara 0,80– 12 0,95; 2 nilai yang rendah untuk kondisi arus yang masih lengang dan yang tinggi untuk kondisi arus yang padat.

2 2.1 5 Kapasitas Gerbang Tol Kapasitas gerbang tol adalah jumlah maksimum kendaraan yang dapat dilayani dalam periode dengan waktu tertentu, yang biasanya diukur dalam satuan kendaraan per jam per gardu . Kapasitas gerbang tol merujuk pada jumlah maksimum kendaraan pengguna jalan tol yang dapat dilayani per lajur berdasarkan waktu pelayanan tertentu. Ini penting untuk memastikan bahwa arus lalu lintas dapat dikelola dengan efisien dan mengurangi kemacetan di gerbang tol. Kapasitas gerbang tol ditentukan berdasarkan sistem Trial and Error dan hasil survei perjalanan pengguna jalan tol . Data dari penelitian ini dimanfaatkan untuk memprediksi jumlah kendaraan di tahun – tahun mendatang . Namun, jika jumlah kendaraan terus meningkat, maka kapasitas gerbang tol harus ditingkatkan. Untuk mengatasi peningkatan jumlah pengguna jalan tol, maka harus mengetahui kapasitas maksimal setiap gerbang tol. Kapasitas ini bisa kita hitung berdasarkan jumlah kendaraan yang lewat. Kapasitas setiap gerbang tol berbeda- beda dan dipengaruhi oleh kecepatan pelayanan. Semakin cepat pelayanannya, semakin banyak kendaraan yang bisa dilayani. Kapasitas maksimal gerbang tol adalah jumlah total kendaraan yang bisa diberikan pelayanan dalam satu periode waktu yang

ditetapkan. Kapasitas ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, mulai dari kondisi fisik jalan tol hingga faktor eksternal seperti cuaca. Untuk menganalisis kapasitas, kita perlu memperhatikan panjang antrian kendaraan dan waktu yang dibutuhkan untuk melayani setiap kendaraan. 13 (Putra, 2017) (Damanik, 2019) Berdasarkan Standar Pelayanan Minimal (SPM) yang telah ditetapkan oleh Badan Pengelola Jalan Tol (BPJT) tahun 2015, kapasitas maksimum setiap gardu tol dalam sistem terbuka adalah ≤ 45 0 kendaraan per jam per gardu.

2.1.6 Sistem Pembayaran Jalan Tol

Menurut Pasal 6, pemberlakuan transaksi tol non-tunai pada seluruh jalan tol di Indonesia mulai berlaku sepenuhnya pada tanggal 31 Oktober 2017. Selanjutnya, penggunaan teknologi berbasis nirsentuh untuk transaksi sepenuhnya akan diterapkan mulai tanggal 31 Desember 2018. Dengan implementasi sistem transaksi tol non-tunai secara keseluruhan, semua ruas jalan tol akan beroperasi dengan sistem pembayaran elektronik dan tidak akan melayani transaksi tunai lagi. Sistem transaksi non tunai di Indonesia. Sistem transaksi non tunai di Indonesia terbagi menjadi 2 yaitu sistem pembayaran Gardu Tol Otomatis (GTO), serta sistem pembayaran On-Board Unit (OBU).

2.1.6.1 Sistem Transaksi Gardu Tol Otomatis (GTO)

Gerbang tol otomatis (GTO) menggunakan metode transaksi tertutup berbasis kartu elektronik (E-Toll Card) . **23** Pengguna cukup menempelkan kartu pada reader di mesin GTO untuk melakukan transaksi. Setiap transaksi di GTO mengharuskan pengguna menempelkan kartu yang sama pada saat masuk dan keluar gerbang tol.

2.1.6.2 Sistem Transaksi On-Board Unit (OBU)

Gerbang tol yang mengaplikasikan sistem OBU adalah sistem transaksi non-tunai yang memanfaatkan perangkat digital yang dipasang pada kendaraan. Perangkat ini mengirimkan sinyal yang dapat dibaca oleh 14 (Permen PUPR No **23** 16/PRT/M/2017, 2017) mesin di gerbang tol, sehingga palang pintu akan terbuka secara otomatis. Dengan demikian, pengguna gerbang tol tidak perlu menurunkan jendela untuk melakukan tap dengan kartu elektronik (e-Toll Card) saat melakukan transaksi.

2.1.7 Pengertian Waktu Pelayanan Waktu pelayanan secara umum merujuk pada durasi yang

diperlukan oleh suatu sistem atau fasilitas untuk memenuhi permintaan atau transaksi tertentu. Waktu pelayanan adalah durasi yang diperlukan untuk melayani sebuah kendaraan, orang, atau permintaan. Pengukuran waktu ini dapat dilakukan dalam satuan waktu seperti menit, detik, atau jam. Konsep waktu pelayanan bersifat relatif dan bergantung pada jenis layanan yang diberikan.

32 Tujuan utama dari setiap layanan adalah untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dan memberikan kepuasan. Kenaikan pada volume kendaraan yang menggunakan jalan tol mengharuskan adanya peningkatan kapasitas dan efisiensi layanan jalan tol. Waktu pelayanan jalan tol, juga dikenal sebagai service time, adalah durasi yang dibutuhkan oleh fasilitas pelayanan jalan tol untuk melayani kendaraan. Ini meliputi proses transaksi, seperti membayar tol, dan dapat diukur dari saat kendaraan masuk ke gerbang tol hingga keluar setelah melakukan transaksi. 1 Indikator keberhasilan layanan jasa jalan tol adalah tercapainya tingkat pelayanan yang memenuhi standar kelancaran, keamanan, dan kenyamanan. Untuk memastikan tercapainya tujuan layanan jalan tol, beberapa indikator kinerja utama telah ditetapkan, di antaranya meliputi waktu pelayanan pada gardu tol, waktu perjalanan, kualitas 15 (Tamin, 2019) kelancaran lalu lintas, kualitas fasilitas, taraf kepuasan pengguna, serta kondisi permukaan jalan. 2.1.8 Standar Pelayanan Minimal (SPM) Pelayanan jalan tol memiliki SPM yang menjadi pedoman bagi pengelola dalam menjalankan tugas dan tanggung jawab mereka. Berdasarkan website resmi dari BPJT yang dimaksud dengan SPM adalah indikator yang harus dipenuhi dalam pengelolaan jalan tol, yang mencakup berbagai elemen seperti keadaan jalan, kecepatan rata-rata, kemudahan akses, kemudahan mobilitas, tingkat keselamatan, maupun unit bantuan dan pertolongan. Setiap elemen ini dinilai secara rutin berdasarkan hasil pemantauan terhadap fungsinya serta manfaat yang diberikan. Pelaksanaan SPM merupakan suatu keharusan bagi Badan Usaha Jalan Tol (BUJT) sebagai bagian dari memenuhi kebutuhan serta harapan pengendara. Menurut, SPM jalan tol dapat dianalisis berdasarkan beberapa unsur, yaitu: Standar produktivitas gardu tol ditetapkan berdasarkan jenis

sistem transaksi. Berdasarkan website resmi dari BPJT untuk informasi terbaru terkait dengan pelayanan pintu tol untuk gerbang tol otomatis Dalam sistem terbuka, setiap gardu diharuskan untuk melayani hingga maksimum 450 16 (Permen Pekerjaan Umum No.16/PRT/M/2014, 2014) kendaraan per jam. 6 22

Sementara itu, pada sistem tertutup, batasan tersebut ditetapkan sebesar 500 kendaraan per jam untuk gerbang masuk dan 300 kendaraan per jam untuk gerbang keluar. 2.1.9 Teori Antrean Teori antrean (

Queueing) adalah teori yang sangat penting untuk dipahami sebagai rangka mengenali Tindakan mobilitas arus lalu lintas, baik dari pejalan kaki ataupun dari kendaraan (Morlok, 1978 dan Hobbs, 1979 dalam). Situasi ini terjadi karena banyaknya peristiwa yang tercipta pada bidang transportasi serta masalah lalu lintas yang muncul setiap hari dalam sistem infrastruktur jalan. Permasalahan tersebut bisa diuraikan dan diatasi menggunakan analisis teori antrean, contohnya: Antrian adalah fenomena umum dalam sistem yang melibatkan pelayanan, baik itu manusia maupun kendaraan. Penyebab utama antrian adalah adanya proses pelayanan yang membutuhkan waktu, sehingga mengganggu kelancaran aliran unit yang dilayani (Tamin, 2003 dalam), contoh: antrean pada kendaraan di pintu tol terjadi karena arus pergerakan kendaraan yang berada di depan gerbang tol 17 (Tamin, 2019) (Damanik, 2019) harus menunggu oleh adanya kegiatan penempatan kartu dan pengambilan karcis tol. Kegiatan ini mengganggu alur pergerakan kendaraan, yang kemudian menyebabkan terjadinya antrian. Dalam situasi tertentu, antrian tersebut dapat menimbulkan masalah bagi pengelola dan pengguna, seperti lamanya antrian dan waktu tunggu yang bertambah. 2.1.9.1 Sistem Antrian Sistem antrian memiliki desain sebagai berikut: 1. Single Channel Single Phase Sistem antrean dengan satu jalur (single channel single phase) adalah model di mana terdapat satu penyedia layanan dan satu jenis layanan yang ditawarkan. Model ini sering diterapkan dalam situasi di mana hanya ada satu fasilitas pelayanan, seperti kasir di toko kecil. 13 2. Single Channel Multi Phase Sistem antrean dengan satu jalur yang memiliki beberapa

tahap (single channel multi-phase) adalah model di mana terdapat beberapa kategori layanan tersedia, tetapi setiap kategori layanan hanya memiliki satu penyedia. **26** Sebagai contoh, dapat ditemukan di rumah sakit, di mana pasien biasanya harus mendaftar terlebih dahulu sebelum bertemu dengan dokter.

3. Multi-Channel Single Phase Sistem antrean dengan beberapa jalur dalam satu tahap (multi-channel single phase) merupakan model di mana terdapat satu kategori layanan, tetapi dilayani oleh beberapa penyedia layanan dalam sistem antrian tersebut. Sebagai contoh beberapa 18 kasir di supermarket di mana pelanggan dapat memilih saluran mana yang ingin mereka antri. 4. Multi-Channel Multi Phase Sistem antrean dengan beberapa jalur dan beberapa tahap (multi-channel, multi-phase) adalah model dengan terdapatnya beberapa jenis layanan, dan setiap jenis layanan dilayani oleh lebih dari satu pemberi layanan. Contoh ini dapat ditemukan di bandara, di mana penumpang harus melalui beberapa

tahap pemeriksaan sebelum naik pesawat. **2.1 1 4** 9.2 Komponen Antrian Menurut (Tamin, 2003 dalam), dalam teori antrian, terdapat tiga elemen utama yang perlu dipahami: 1. Tingkat Kedatangan Tingkat jumlah kedatangan, yang dilambangkan dengan notasi (λ), merujuk pada jumlah rata-rata pelanggan (baik individu maupun kendaraan) yang melintasi sistem antrean dalam periode waktu tertentu.

19 Biasanya, tingkat ini ditunjukkan dengan satuan orang per menit atau kendaraan per jam. Notasi λ menggambarkan rata-rata jumlah pelanggan (individu atau kendaraan) yang tiba di dalam sistem antrean selama interval waktu tertentu, biasanya ditunjukkan dengan satuan orang per menit atau kendaraan per jam. $\lambda = \Sigma x$

N(2.2) Dimana: Σx = Total jumla

h kendaraan tiap golongan **19** (Alinda, 2018) N = Banyak waktu yang diperlukan (jam) 2. Tingkat Pelayanan Tingkat kepuasan pelayanan, dilambangkan menggunakan notasi (μ), merujuk pada jumlah rata-rata konsumen (baik individu maupun kendaraan) yang dapat diakomodasi dengan satu fasilitas dalam periode waktu tertentu. **19** Biasanya, tingkat ini

ditunjukkan dengan satuan orang per menit atau kendaraan per jam. Tingkat Pelayanan

yang juga disebut sebagai Waktu Pelayanan (WP) diuraikan sebagai waktu yang diperlukan dari satu fasilitas pelayanan, fasilitas ini mengakomodasi satu kendaraan atau individu. Umumnya, waktu ini ditunjukkan dengan satuan menit per kendaraan atau menit per orang. Dengan demikian, dapat ditarik kesimpulan bahwa: $\rho = 1$

μ (2.3) Selanjutnya, terdapat notasi (ρ) yang menggambarkan rasio di dalam tingkat kedatangan (λ) dan tingkat layanan (μ), dengan ketentuan bahwa besaran tersebut wajib kurang dari 1 (satu). $\rho = 1 \mu < 1$ **3 28**

(2.4) Jika besaran ρ lebih besar dari 1 ($\rho > 1$), ini menunjukkan bahwa tingkat kedatangan melebihi tingkat layanan. **3** Dalam situasi ini, dapat dipastikan bahwa antrean akan terus bertambah tanpa batas. **3** Disiplin Antrean Disiplin antrean merupakan peraturan yang mengatur cara kendaraan atau individu dalam mengantri. **3 11** Terdapat 20 (Fakhruriza Pradana et al., 2018) berbagai macam jenis disiplin antrean yang sering diterapkan pada sektor transportasi, yaitu: a. First In First Out (FIFO) atau First Come First Served (FCFS) Gambar di atas menggambarkan penjelasan tentang cara kerja bidang antrean FIFO. Disiplin antrean ini sering diterapkan dalam sektor transportasi, di mana individu dan kendaraan yang tiba lebih dulu di lokasi pelayanan akan mendapatkan pelayanan terlebih dahulu. Contohnya adalah antrean kendaraan yang tercipta pada pintu tol. b. First In Last Out (FILO) atau First Come Last Served (FCLS) Tata cara bidang antrean FILO, individu atau kendaraan yang datang lebih awal akan diberikan pelayanan terakhir, diilustrasikan pada Gambar tersebut menunjukkan bahwa barang yang lebih awal masuk ke gudang saat proses pembongkaran akan menjadi yang terakhir keluar, sementara barang yang terakhir masuk ke gudang saat pemuatan, akan dikeluarkan terlebih dahulu. c. First Vacant First Served (FVFS) Dilihat dari gambar diatas, Dalam sistem antrian FVFS, individu yang tiba lebih awal akan diberikan pelayanan oleh fasilitas yang lebih awal kosong. Pada sistem FVFS, hanya ada satu antrean meskipun terdapat lebih dari satu fasilitas layanan. **1 4 8**

30 Beberapa loket bank, serta layanan pembayaran 21 listrik dan telepon, menerapkan disiplin antrian FVFS. 1 Disiplin antrian FVFS menunjukkan kinerja yang optimal ketika waktu pelayanan pada setiap fasilitas layanan bervariasi secara signifikan, atau apabila standar deviasi waktu pelayanan antar fasilitas cukup besar. Dalam kondisi tersebut, penggunaan bidang FIFO menjadi kurang efisien, terutama ketika panjang antrian tidak merata di setiap jalur. 2.1.9.3 Parameter Antrian Parameter antrian terdiri dari empat elemen utama yang sering digunakan untuk menganalisis antrian, yaitu: nP , qP , dP , dan wP . (Tamin,2003).

Berikut adalah definisi dari masing-masing parameter tersebut: 2.1.9.4

Proses Antrian Aspek penting yang perlu dipahami dalam masalah antrian adalah mengenai bagaimana antrian terbentuk, seperti pada gambar berikut.

Menurut (Tamin,2003 dalam), proses terbentuknya antrian berasal dari empat tahapan utama, yaitu: 1. Tahap I Pada tahap ini, pelanggan

(manusia atau kendaraan) mulai tiba di lokasi pelayanan dan 22 (Alinda,

2018) bergabung dalam antrian. 1 Jumlah pengguna layanan yang datang dikenal sebagai tingkat kedatangan (λ). Jika diterapkan bidang antrian FIFO lalu

tersedia beberapa fasilitas layanan (multi lajur), dengan demikian dapat

diasumsikan bahwa tingkat kedatangan (λ) akan terdistribusi dengan merata

di setiap fasilitas, yaitu sebesar λK , dengan K merupakan jumlah

fasilitas layanan. Maka, dapat diperkirakan akan terbentuk K antrian

dengan satu lajur, di mana setiap antrian tersebut mengikuti disiplin antrian FIFO 2. 1

31 Tahap II Setelah bergabung dalam antrian, pada tahap ini pelanggan

menunggu sampai giliran mereka untuk dilayani. Waktu tunggu ini merupakan periode yang dihabiskan pelanggan dalam antrian sebelum menerima layanan.

3. Tahap III Pada tahap ini, pelanggan yang telah menunggu akan

dilayani oleh fasilitas pelayanan. Waktu pelayanan (WP) diartikan sebagai

durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan pelayanan kepada pelanggan,

mulai dari saat pelayanan dimulai hingga selesai. 4. Tahap IV Tahap

setelah menerima pelayanan, pelanggan meninggalkan lokasi pelayanan. Proses

ini menandai akhir dari siklus antrian untuk pelanggan tersebut. 2.1.9.5

Disiplin Antrean FIFO Pintu tol mengaplikasikan teori disiplin antrean FIFO atau FCFS. Rumus berikut diaplikasikan dalam 23 perhitungan nP , qP , dP , dan wP untuk bidang FIFO (Tamin, 2013, dalam). $n =$

$$\lambda (\mu - \lambda) = \rho (1 - \rho) \dots\dots\dots(2.5) \quad q =$$

$$\lambda^2 \mu (\mu - \lambda) = \rho^2 (1 - \rho) \dots\dots\dots(2$$

$$.6) \quad d = 1 (\mu - \lambda) \dots\dots\dots(2.7)$$

$$w = \lambda \mu (\mu - \lambda) = d - 1 \mu \dots\dots\dots.($$

2.8) Di mana: λ = tingkat kedatangan rata – rata μ = tingkat pelayanan rata – rata ρ = intensitas lalu lintas atau faktor pemakaian Beberapa anggapan yang dibutuhkan untuk menerapkan bidang antrean FIFO adalah sebagai berikut: 1. Persamaan (2.5) dan (2.8) akan berlaku untuk sistem lajur Tunggal jika nilai $\rho = \lambda \mu < 1$. Apabila nilai $\rho > 1$, maka kondisi ini tidak terpenuhi. 2. Apabila tersedia lebih dari satu lajur (misalnya N lajur), dapat diperkirakan bahwa jumlah tingkat kedatangan (λ) terdistribusi secara merata di setiap lajur yang ada, yaitu sejumlah λ/N , dengan nilai N merupakan jumlah lajur. Oleh karena itu, diperkirakan bahwa akan tercipta N antrean dengan satu lajur, di mana setiap antrean dapat mengaplikasikan rumus (2.5) hingga (2.8). 3. Diasumsikan bahwa kendaraan yang telah mengantre di suatu jalur tidak diperbolehkan untuk berpindah ke jalur lain. 24 (Fakhruriza Pradana et al., 2018) 4. Waktu pelayanan di berbagai lokasi diperkirakan sebanding, atau standar deviasi untuk waktu pelayanan antar lokasi relatif rendah.

2.1.10 Analisis Antrian (Traffic Flow Fundamental)

Dengan menggunakan rumusan dasar dari arus lalu lintas, dapat menghitung panjang antrian berdasarkan arus kedatangan dan waktu tunggu. Dalam melakukan analisa antrian menggunakan rumusan traffic flow fundamental (Adolf d. May, 1990). Dalam menganalisa antrian tersebut menggunakan data kapasitas yang berubah menurut PKJI 2023.

$$tQ = tR (\mu - \mu$$

$$R) \mu - \lambda \dots\dots\dots(2.9) \quad N Q = \lambda$$

$$\times tQ 3600 \dots\dots\dots(2.10) \quad Q M = tR$$

$$(\lambda - \mu R) 3600 \dots\dots\dots(2.11) \quad Q$$

$$Q = tR (\lambda - \mu R) 7200 \dots\dots\dots(2)$$

.12) Dimana: - tQ = Lama waktu antrian (detik/jam) - NQ = Jumlah atau total kendaraan yang mengalami antrean - QM = Panjang antrian maksimum - Q = Panjang antrian rata-rata pada waktu terjadi antrean - tR = Waktu pelayanan (detik/kendaraan) - λ = Volume lalu lintas (kendaraan/jam) - μ = Kapasitas (kendaraan/jam) 25 (Damanik, 2019) (Direktorat Jenderal Bina Marga et al., 2023) - μR = Kapasitas dasar (kendaraan/jam) - N = Total lajur antrian

2.1.11 Analisa Kebijakan Untuk mengurangi nilai n , q , d , dan w , berikut adalah beberapa kebijakan yang dapat diimplementasikan: 1. Menambah gerbang tol Kebijakan untuk menambah gerbang tol memerlukan investasi yang signifikan. Selain biaya pembelian lahan, konstruksi bangunan, dan pengadaan peralatan, juga diperlukan dana untuk operasional jalan tol tersebut. 1 2. Mengurangi waktu pelayanan Kebijakan ini dianggap sebagai solusi terbaik mengingat hanya memerlukan pemberian insentif kepada karyawan, jadi tidak memerlukan biaya yang besar. Meskipun demikian, kebijakan ini hanya dapat mengurangi waktu tunggu secara signifikan, namun tidak dapat menghilangkannya sepenuhnya. 3. Kebijakan sistem tandem Kebijakan sistem tandem (Morlok, 1978 dan Hobbs, 1979) bertujuan untuk mengoptimalkan fungsi pintu tol dengan mengurangi waktu pelayanan sampai dengan 50%. 1 Sebagai contoh, jika gerbang tol mampu melayani 1 (satu) kendaraan dengan waktu 10 detik, sistem tandem mampu melayani 2 (dua) kendaraan sekaligus dalam waktu yang sama, yaitu 10 detik. Dengan demikian, waktu pelayanan seolah-olah hanya menjadi 5 detik. Namun, penerapan sistem tandem.

2.1.12 Forecasting Menggunakan data pertumbuhan dari tahun terakhir, peramalan (forecasting) berfungsi untuk memprediksi 26 (Alinda, 2018) kejadian di masa depan. Perhitungan prediksi ini selanjutnya dianalisis berbanding dengan kapasitas pelayanan gerbang saat ini untuk menilai seberapa efektif gerbang dapat melayani kendaraan yang melintas, mengingat jumlah kendaraan yang melintas telah bertambah dibandingkan dengan tahun-tahun yang telah berlalu. Prediksi kenaikan jumlah kendaraan

di gerbang tol dibuat dengan memanfaatkan data jumlah kendaraan selama lima tahun ke depan.

Tingkat kedatangan kendaraan, intensitas lalu lintas, serta analisis antrean FIFO digunakan untuk menilai hasil peramalan lalu lintas. Penelitian ini menerapkan regresi linear, yang dapat digambarkan dalam rumusan berikut:

$$y = ax + b \dots\dots\dots(2.13) \text{ Dimana}$$

: y = nilai yang diramalkan (dependent variable) x = waktu (independent variable) a, b = nilai tetapan

2.1.13 Faktor Pertumbuhan Untuk mendapatkan informasi tentang seberapa besar faktor kenaikan kendaraan yang menggambarkan situasi lalu lintas untuk tahun yang direncanakan, perlu dilakukan perhitungan. Dengan demikian, desain yang diusulkan dapat dievaluasi untuk memastikan apakah masih mampu menampung jumlah kendaraan yang terus meningkat setiap tahunnya. Berikut adalah bentuk umum dari

$$\text{rumus perhitungan faktor pertumbuhan lalu lintas: } i = \frac{(y_2 - y_1)}{y_1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.14) \text{ Dimana:}$$

i = peningkatan kendaraan dalam waktu satu tahun y₁ = volume kendaraan/tahun pertama y₂ = volume kendaraan/tahun kedua

2.1.14 Uji Keseragaman Data Berikut adalah rumus untuk menghitung faktor keseragaman data: $FK = s \times 1$

$$00\% \dots\dots\dots(2.15) \text{ Definisi: FK = Faktor Keseragaman S = Standar Deviasi x = Nilai rata-rata}$$

2.2 Penelitian Terdahulu 28 BAB III METODE PENELITIAN 3.1 Objek Penelitian Objek

penelitian ini adalah gerbang tol Kelapa Gading – Pulo Gebang, gerbang tol ini merupakan komponen dari Enam Ruas Jalan Tol Dalam Kota.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis antrean yang terjadi di gerbang tol dengan mempertimbangkan waktu pelayanan dan tingkat kedatangan

kendaraan, serta untuk mengevaluasi apakah kapasitas gerbang tol Kelapa Gading sudah melingkupi Standar Pelayanan Minimal (SPM). Lokasi penelitian

ditinjau pada gerbang tol Kelapa Gading – Pulo Gebang yang termasuk dalam segmen Enam Ruas Jalan Tol Dalam Kota. Pada gambar dibawah

ini yaitu: gerbang tol Kelapa Gading. 3.2 Pengumpulan Data Untuk

melaksanakan penelitian, data dikumpulkan melalui dua teknik pengumpulan: 3.2

Data Primer Data primer merujuk pada informasi yang dikumpulkan secara langsung melalui penelitian di lapangan . 8 Survei yang dilakukan di setiap gardu keluar di gerbang tol Kelapa Gading yang sedang beroperasi. Data yang diperlukan melalui sruvei langsung meliputi: 1. Data Tingkat Kedatangan Tingkat kedatangan diperoleh dengan menghitung volume kendaraan yang datang setiap jam pada masing-masing gardu tol yang beroperasi. 29 (Damanik, 2019) Kendaraan yang melintasi gardu tol diklasifikasikan berdasarkan golongan kendaraan. 2. Data Panjang Antrian Pengukuran panjang antrian dilakukan dengan cara mengamati jumlah kendaraan yang mengantri tepat di belakang gardu saat melakukan transaksi. Panjang antrian dihitung dengan mengalikan jumlah kendaraan yang ada di setiap gardu dengan panjang masing-masing kendaraan. 3. Waktu Pelayanan Waktu pelayanan (service time) diukur sejak kendaraan melambat hingga berhenti di gardu untuk melakukan transaksi, kemudian hingga kendaraan tersebut bergerak meninggalkan gardu dan melewati palang. Pengukuran juga mencakup waktu yang dibutuhkan oleh kendaraan berikutnya untuk melakukan transaksi di gardu yang sama. 3.2

25 2 Data Sekunder Data sekunder merujuk pada informasi yang diperoleh dari sumber-sumber yang sudah ada sebelumnya, seperti: 1. Data Lalu lintas Jalan Tol Data lalu lintas pada jalan tol didapatkan melalui PT. Jakarta Tollroad Development, untuk data lalu-lintas tiga tahun terakhir dan untuk data pada setiap gerbang tol Kelapa Gading data tersebut dapat dilihat pada lampiran. 2. Konfigurasi Gerbang Tol Data pengaturan gerbang tol diperoleh dari PT. Jakarta Tollroad Development untuk setiap gerbang tol Kelapa Gading data tersebut dapat dilihat pada lampiran. 30 3.3 Tahapan Penelitian Volume kendaraan yang tiba dipergunakan untuk menghitung tingkat kedatangan, panjang antrean, waktu pelayanan, serta aspek lainnya. Data primer dan sekunder yang telah dikumpulkan melalui survei di lokasi penelitian atau yang sudah ada akan diolah dan dianalisis lebih lanjut melalui beberapa tahapan, yaitu: 1) Analisa Tingkat Kedatangan Analisis tingkat kedatangan kendaraan diperlukan untuk menentukan jumlah kendaraan yang melintas di gerbang

tol yang sedang diteliti. Proses analisis ini menggunakan data jumlah kendaraan aktual yang diperoleh melalui survei di masing – masing gerbang tol. - Tempat : Gerbang tol Kelapa Gading - Tanggal : - - Waktu : 06:00 WIB – 10:00 WIB Setelah didapatkan jumlah kendaraan , dihitung menggunakan persamaan (2.2). Selanjutnya untuk menentukan nilai yang digunakan dalam menilai kelayakan gerbang tol, diperlukan data dari PT. Jakarta Tollroad Development berbentuk volume lalu lintas tahunan pada pintu tol keluar Kelapa Gading. Lalu dilanjutkan dengan menghitung volume lalu lintas tahun 2024 dengan cara regresi linear: $\text{Volume lalu lintas } 2024 = a + bx = \dots + \dots \times 2024 = \dots (\text{kendaraan})$ Untuk menjadi arus jam puncak, maka faktor ($f = 0,11$).

2) Analisa Waktu Pelayanan

1 Analisis waktu pelayanan dilakukan guna mengidentifikasi dan menghitung rata – rata waktu pelayanan serta waktu pelayanan maksimal pada gerbang tol.

29 Hal ini bertujuan agar mengetahui berapa lama waktu pelayanan yang dibutuhkan sebelum gerbang tersebut mengalami kemacetan. Analisis waktu pelayanan dilakukan dengan menggunakan data jumlah kendaraan aktual yang diperoleh dari hasil survei lapangan. Dimulai dari saat kendaraan berhenti pada mesin gerbang tol otomatis, sampai kendaraan tersebut melewati gerbang tol. Survei dilakukan satu hari sesuai dengan peak hour pada setiap gerbang tol. Setelah itu dibuat grafik (model) untuk mengetahui presentase 50%, 75% dan 85%. Selanjutnya dari grafik tersebut didapatkan nilai: - Median : detik - Modus : detik - Rata – rata waktu layanan : detik - Presentase kumulatif 50% : detik - Presentase kumulatif 75% : detik - Presentase kumulatif 85% : detik Untuk menetapkan durasi layanan pada gerbang tol, dilakukan analisis terhadap presentase kumulatif 50%, presentase kumulatif 75%, presentase kumulatif 85% dan rata-rata waktu pelayanan. Selanjutnya, ketiga nilai ini dianalisis berbanding dengan besaran median dan modus, kemudian besaran yang paling relevan dengan median serta modus akan diambil. Apabila dihitung, waktu layanan maksimum yang diperlukan pada gerbang tol keluar dapat dihitung pada persamaan (2.3). Kemudian hasil

dari pelayanan maksimal 32 tersebut dapat di analisa apakah sesuai dengan Standar Pelayanan Minimal (SPM). 1 3) Analisa Intensitas Lalu Lintas

Analisis intensitas lalu lintas diperlukan untuk memahami seberapa tinggi tingkat intensitas yang terjadi pada gerbang tol tersebut. Syarat untuk intensitas lalu lintas adalah nilainya harus kurang dari 1 (satu). Analisis ini mencakup waktu pelayanan (WP), tingkat pelayanan (μ), dan jumlah gerbang tol yang ada. Untuk menghitung intensitas lalu lintas, dapat merujuk pada rumus yang terdapat di Bab II, Persamaan (2.4). Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan beragam situasi waktu layanan yang telah diambil melalui survei lapangan, menggunakan jumlah kendaraan aktual. 4)

Analisis Antrean FIFO pada Gerbang Tol Analisis antrean dilaksanakan guna menghitung panjang antrean serta menentukan jumlah gardu yang diperlukan berdasarkan hasil tabel analisis. Analisis antrian dengan metode FIFO dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai kondisi waktu pelayanan yang diperoleh melalui survei lapangan. Selain itu, analisis intensitas lalu lintas dilakukan menggunakan data jumlah kendaraan aktual. Setelah diketahui untuk data (λ) pada tingkat kedatangan (kendaraan/jam), data (μ) untuk Tingkat pelayanan (kendaraan/jam), data intensitas lalu lintas (ρ), (WP) waktu pelayanan, dan jumlah antrian yang terjadi (N). Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan menggunakan rumus (2.5), (2.6), (2.7), dan (2.8). 5) Analisa Antrean Traffic Flow Fundamental Analisis antrean dilaksanakan guna mengetahui panjang antrian secara hitungan. Analisis antrian dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai kondisi waktu pelayanan, volume lalu lintas dan kapasitas yang diperoleh dari hasil perhitungan melalui penggunaan rumus (2.9), (2.10), (2.11), dan (2.12). Selain itu, analisis intensitas lalu lintas dilakukan menggunakan data jumlah kendaraan aktual. 6) Analisa Peramalan (Forecasting). Analisa peramalan dilakukan guna memberikan informasi tentang kemampuan gerbang dalam melayani kendaraan yang melintas untuk lima tahun ke depan, terutama seiring bertambahnya jumlah kendaraan dari tahun ke tahun. Hasil dari peramalan volume lalu

lintas ini digunakan untuk menentukan jumlah gardu yang diperlukan agar dapat menampung volume kendaraan di lima tahun yang akan datang. Berikut merupakan tahapan mengenai analisa peramalan untuk lima tahun mendatang: 1. Analisa tingkat kedatangan dengan menggunakan regresi linear. 2. Analisa waktu pelayanan. 3. Analisa intensitas lalu lintas. 4. Analisa antrian (FIFO). 5. Analisa antrian (Traffic Flow Fundamental). 3.4 Diagram Alir Penelitian Berdasarkan gambar 3.13 diagram alir diatas, menggambarkan tentang alur proses penelitian. Proses diawali dengan identifikasi masalah terkait evaluasi kinerja dan pelayanan gerbang tol segmen Kelapa Gading – Pulo Gebang. Langkah berikutnya adalah melakukan tinjau pustaka untuk memperoleh referensi yang relevan. Setelah itu, dilakukan survei dan pengumpulan data, yang mencakup data primer (tingkat kedatangan, panjang antrean, serta 34 waktu pelayanan) dan data sekunder (lalu lintas jalan tol serta pengaturan gerbang tol). Data yang telah dikumpulkan kemudian diverifikasi untuk memastikan kelengkapan. Jika data dianggap belum lengkap, dilakukan pengumpulan data kembali. Apabila data lengkap, tahap berikutnya adalah menganalisis data berdasarkan Standar Pelayanan Minimal (SPM). Analisis ini meliputi; analisis volume kedatangan kendaraan, analisis waktu untuk pelayanan, analisis untuk intensitas lalu lintas, analisis untuk antrian FIFO, analisis untuk antrian traffic flow fundamental, dan analisis untuk peramalan (forecasting). Hasil analisis tersebut digunakan untuk menarik kesimpulan dan memberikan saran, yang mengakhiri proses evaluasi ini. 35

BAB IV HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN 4.1 Analisa Tingkat Kedatangan Untuk menganalisis tingkat kedatangan, diperlukan survei awal guna mengukur volume kendaraan yang melintasi gerbang tol. Dalam analisis ini, yang dievaluasi merupakan tingkat kedatangan kendaraan berdasarkan jumlah kendaraan aktual, yaitu jumlah kendaraan yang diperoleh melalui survei di gerbang tol yang sedang analisis. Rekapitulasi hasil survei tingkat kedatangan kendaraan pada Gerbang Tol Kelapa Gading dibagi berdasarkan 2 jenis gardu tol, kemudian pada perhitungan analisis tingkat kedatangan,

digunakan volume kendaraan aktual pada gerbang tol yang ditinjau yaitu:

1. Gerbang tol kelapa gading GTO single Tempat : Gerbang tol Kelapa Gading arah keluar (Gardu Tol Otomatis) GTO Single dengan tinggi maksimum 2,1 m. Tanggal/ hari : Senin, 4 November 2024 Waktu :

06:00 WIB – 10:00 WIB Dari tabel 4.1 tentang dapat dilihat untuk kendaraan gardu Single dalam menghitung Tingkat kedatangan mengaplikasikan rumus (2.2), maka diperoleh hasil sebagai berikut: $\lambda = 26414 = 660$ kendaraan / jam Maka didapat tingkat kedatangan kendaraan untuk gerbang tol Kelapa Gading GTO Single adalah 660 kendaraan/ jam.

2. Gerbang tol kelapa gading GTO multi Tempat : Gerbang tol Kelapa Gading arah keluar (Gardu Tol Otomatis) GTO Multi dengan tinggi maksimum 4,2 m. Tanggal/ hari : Senin, 4 November 2024 Waktu :

06:00 WIB – 10:00 WIB menghitung Tingkat kedatangan dapat menggunakan persamaan (2.2) sebagai berikut: $\lambda = 21254 = 531$ kendaraan / jam Maka didapat tingkat kedatangan kendaraan untuk gerbang tol Kelapa Gading untuk GTO Multi adalah 531 kendaraan/jam. Proporsi kendaraannya yaitu golongan I = 98,74%; golongan II = 1,17%; golongan III =

0,02%; golongan IV = 0,04%; golongan V = 0,02%. Kendaraan golongan 1 dapat memasuki gardu tol Multi dan Single sehingga pembagiannya yaitu $98,74\% \times 1191$ (total hasil survei untuk kedua gerbang tol) = 117

5 kend. Dari hasil survei didapat kendaraan gol 1 untuk gardu Single adalah 660 kend, $(660/1175) \times 100\% = 56\%$. Sehingga proporsi kendaraan golongan I yang dapat masuk tiap gardu yaitu GTO Multi = 44%, GT

O Single = 56%. 3. Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan pada tahun 2024 dilakukan menggunakan metode forecasting dari data tahun-tahun sebelumnya menggunakan regresi linier. Data tingkat kedatangan tahunan didapatkan dari PT. Jakarta Tollroad Development, data tersebut merupakan data dari tahun 2021 – 2023. Untuk data 2021 adalah data

yang dihitung sejak tol tersebut diresmikan beroperasi, oleh karena itu data 37 tersebut adalah data setengah tahun. Kemudian untuk data tahun 2022 sampai data tahun 2023 adalah data 1 tahun penuh, terjadi

pelonjakan dua kali lipat antara data tahun 2022 dengan 2023, hal tersebut karena pada tahun 2022 merupakan peralihan PPKM (Peralihan Pembatasan Kegiatan Masyarakat) di Indonesia kepada masyarakat pengguna jalan tol. Berdasarkan hasil analisis regresi linear terhadap volume lalu lintas yang ditampilkan pada tabel 4.4, jumlah lalu lintas untuk tahun 2024 dapat dihitung menggunakan persamaan (2.13) sebagai berikut:

$$\text{Volume Lalu Lintas} = a + bx = -1840985255 + (911198 \times 2024) = -1840985255 + 1844264752 = 3.279.497$$

Kendaraan Selanjutnya, untuk menentukan tingkat kedatangan kendaraan selama arus jam puncak, jumlah kendaraan per tahun perlu dibagi dengan 365 hari agar diperoleh volume lalu lintas harian, yaitu $3.279.497/365 \text{ hari} = 8985 \text{ kendaraan/hari}$. Agar dapat menentukan arus jam puncak berdasarkan LHRT, diperlukan faktor K yang dapat diterapkan guna menghitung JBH, maka lalu lintas harian perlu dikali faktor k (0,11), Sehingga didapat $8985 \times 0,11 = 988$ kendaraan/jam = 494 kendaraan/jam/gardu. Dengan pembagian GTO Multi (44% dari kendaraan golongan 1) = 435 kendaraan/jam; GTO Single (56% dari kendaraan golongan 1) = 553 kendaraan/jam.

4.2 Analisis Waktu Pelayanan

Agar dapat menganalisis waktu layanan, diperlukan pengukuran durasi layanan seluruh kendaraan yang sedang melakukan transaksi pada gardu tol yang sedang diteliti. Selanjutnya, data waktu pelayanan tersebut akan diproses untuk menghasilkan grafik kumulatif frekuensi pada gardu tol yang dianalisis. Hasil analisis perhitungan waktu pelayanan berdasarkan pada jumlah kendaraan aktual di gardu tol yang ditinjau yakni:

1. Gerbang Tol Kelapa Gading GTO Single Weekday (06:00 WIB – 10:00 WIB) Berdasarkan nilai rata - rata waktu pelayanan gerbang tol Kelapa Gading, didapat tabel 4.5: Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan tabel 4.5 tentang waktu pelayanan kendaraan di gerbang tol Kelapa Gading GTO single Weekday (06:00 WIB – 10:00 WIB), didapat grafik persentase kumulatif (%) serta, waktu pelayanan di setiap gardu menghasilkan rata – rata waktu transaksi sebagaimana berikut

: Dari tabel 4.5 dan grafik 4.1 didapatkan data frekuensi waktu pelayanan sebagaimana berikut ini: - Median = 3 detik - Modus = 3 detik - Rata – rata untuk Waktu Pelayanan = 4,43 detik - Presentase Kumulatif 50% = 2,72 detik - Presentase Kumulatif 75% = 4,01 detik - Presentase Kumulatif 85% = 5,46 detik Dalam analisis durasi layanan pada gardu tol otomatis ditentukan berdasarkan rata-rata dari waktu pelayanan, serta nilai pada presentase kumulatif 50%, 75%, dan 85%. Keempat nilai tersebut diikuti dengan perbandingan terhadap besaran median dan modus. Selanjutnya, dipilih besaran yang paling mendekati dengan nilai median dan modus, yaitu waktu pelayanan pada persentase kumulatif 50%, yaitu 2,72 detik \approx 3 detik. 39 Berdasarkan Standar Pelayanan Minimal untuk jalan tol, durasi layanan di gerbang tol dengan GTO, transaksi sistem terbuka harus \leq 5 detik/kendaraan. Jika dilihat berdasarkan hasil survei langsung didapatkan bahwa gerbang tol Kelapa Gading GTO Single mempunyai waktu pelayanan sebesar 3 detik/kendaraan hal ini telah memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM). \square Weekday (14:00 WIB – 18:00 WIB) Berdasarkan nilai rata - rata waktu pelayanan gerbang tol Kelapa Gading, didapat tabel 4.6: Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan tabel 4.6 tentang waktu pelayanan kendaraan di gerbang tol Kelapa Gading GTO single Weekday (14:00 WIB – 18:00 WIB) , didapat grafik persentase kumulatif (%) serta, waktu pelayanan di setiap gardu menghasilkan rata – rata waktu transaksi sebagai berikut

: Dari tabel 4.6 serta grafik 4.2, didapatkan data frekuensi waktu pelayanan sebagaimana berikut: - Median = 3 detik - Modus = 2 detik - Rata – rata untuk Waktu Pelayanan = 4,67 detik - Presentase Kumulatif 50% = 2,3 detik - Presentase Kumulatif 75% = 3,77 detik - Presentase Kumulatif 85% = 5,01 detik Dalam analisis durasi layanan pada gardu tol otomatis ditentukan berdasarkan rata-rata pada waktu pelayanan, serta nilai pada presentase kumulatif 50%, 75%, dan 85%. Keempat nilai ini diikuti dengan perbandingan terhadap besaran median

dan modus. Selanjutnya, dipilih besaran yang paling relevan 40 dengan nilai median dan modus, yaitu waktu pelayanan pada persentase kumulatif 50% yaitu 2,3 detik \approx 2,5 detik. Nilai 2,5 detik didapatkan dari rata-rata antara nilai modus sebesar 2 detik dan nilai median sebesar 3 detik. Berdasarkan Standar Pelayanan Minimal untuk jalan tol, waktu layanan di gerbang tol dengan GTO, transaksi sistem terbuka harus \leq 5 detik/kendaraan. Jika dilihat berdasarkan hasil survei langsung didapatkan bahwa gerbang tol Kelapa Gading GTO Single mempunyai waktu pelayanan sebesar 2,5 detik/kendaraan hal ini telah memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM). \square Weekend (06:00 WIB – 10:00 WIB) Berdasarkan nilai rata-rata waktu pelayanan gerbang tol Kelapa Gading, didapat tabel 4.7: deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan tabel 4.7 tentang waktu pelayanan kendaraan pada gerbang tol Kelapa Gading GTO single weekend (06:00 WIB – 10:00 WIB), didapat grafik persentase kumulatif (%) serta, waktu pelayanan di setiap gardu menghasilkan rata-rata waktu transaksi sebagai berikut: Dari tabel 4.7 dan grafik 4.3 didapatkan data frekuensi waktu pelayanan sebagaimana berikut ini: - Median = 2 detik - Modus = 2 detik - Rata-rata untuk Waktu Pelayanan = 3,11 detik - Presentase Kumulatif 50% = 1,66 detik - Presentase Kumulatif 75% = 2,73 detik - Presentase Kumulatif 85% = 4,5 detik Dalam analisis durasi layanan pada gardu tol otomatis, ditentukan berdasarkan rata-rata untuk waktu pelayanan, 41 serta nilai pada presentase kumulatif 50%, 75%, dan 85%. Keempat nilai ini diikuti dengan perbandingan terhadap besaran median dan modus. Selanjutnya, dipilih besaran yang paling mendekati dengan nilai median dan modus, yaitu waktu layanan pada persentase kumulatif 50% yaitu 1,66 detik \approx 2 detik. Berdasarkan Standar Pelayanan Minimal jalan tol, waktu layanan di gerbang tol dengan GTO, transaksi sistem terbuka harus \leq 5 detik/kendaraan. Jika dilihat berdasarkan hasil survei langsung didapatkan bahwa gerbang tol Kelapa Gading GTO Single mempunyai waktu pelayanan sebesar 2 detik/kendaraan hal ini telah memenuhi Standar Pelayanan

Minimal (SPM). \square Weekend (14:00 WIB – 18:00 WIB) Berdasarkan nilai rata-rata waktu pelayanan gerbang tol Kelapa Gading, didapat tabel 4.8: Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan tabel 4.8 tentang waktu pelayanan kendaraan pada gerbang tol Kelapa Gading GTO single weekend (14:00 WIB – 18:00 WIB), didapat grafik persentase kumulatif (%) serta waktu pelayanan di setiap gardu menghasilkan rata-rata waktu transaksi sebagai berikut: Dari tabel 4.8 dan grafik 4.4 didapatkan data frekuensi waktu pelayanan sebagaimana berikut: - Median = 3 detik - Modus = 3 detik - Rata-rata untuk Waktu Pelayanan = 4,76 detik - Presentase Kumulatif 50% = 2,76 detik - Presentase Kumulatif 75% = 3,89 detik - Presentase Kumulatif 85% = 5,38 detik Dalam analisis durasi layanan pada gardu tol otomatis ditentukan berdasarkan rata-rata pada waktu layanan, serta nilai pada presentase kumulatif 50%, 75%, dan 85%. Keempat nilai ini diikuti dengan perbandingan terhadap besaran median dan modus. Selanjutnya, dipilih besaran yang paling relevan dengan nilai median dan modus, yaitu waktu layanan pada persentase kumulatif 50% yaitu 2,76 detik \approx 3 detik. Berdasarkan Standar Pelayanan Minimal untuk jalan tol, waktu layanan di gerbang tol dengan GTO, transaksi sistem terbuka harus \leq 5 detik/kendaraan. Jika dilihat berdasarkan hasil survei langsung didapatkan bahwa gerbang tol Kelapa Gading GTO Single mempunyai waktu pelayanan sebesar 3 detik/kendaraan hal ini telah mencapai ketentuan Standar Pelayanan Minimal (SPM).

2. Gerbang Tol Kelapa Gading GTO Multi \square Weekday (06:00 WIB – 10:00 WIB) Berdasarkan nilai rata-rata waktu pelayanan gerbang tol Kelapa Gading, didapat tabel 4.9: Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan tabel 4.9 tentang waktu pelayanan kendaraan pada gerbang tol Kelapa Gading GTO Multi Weekday (06:00 WIB – 10:00 WIB), didapat grafik persentase kumulatif (%) serta, waktu pelayanan di setiap gardu menghasilkan rata-rata waktu transaksi sebagai berikut

: Dari tabel 4.9 serta grafik 4.5, terlihat frekuensi durasi layanan, maka diperoleh data sebagaimana berikut: - Median = 3 detik - Modus = 3 detik - Rata – rata untuk Waktu Pelayanan = 4,76 detik

43 - Presentase Kumulatif 50% = 2,53 detik - Presentase Kumulatif 75% = 3,89 detik - Presentase Kumulatif 85% = 5,06 detik Dalam analisis durasi layanan pada gardu tol otomatis ditentukan berdasarkan rata-rata pada waktu layanan, serta nilai pada presentase kumulatif 50%, 75%, dan 85%. Keempat nilai ini diikuti dengan perbandingan terhadap besaran median dan modus. Selanjutnya, dipilih besaran yang paling relevan dengan nilai median dan modus, yaitu waktu layanan pada persentase kumulatif 50% yaitu 2,53 detik \approx 3 detik. Berdasarkan Standar Pelayanan Minimal untuk jalan tol, waktu layanan di gerbang tol dengan GTO, transaksi sistem terbuka harus \leq 5 detik/kendaraan. Jika dilihat berdasarkan hasil survei langsung didapatkan bahwa gerbang tol Kelapa Gading GTO Single mempunyai waktu pelayanan sebesar 3 detik/kendaraan hal ini telah memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM). \square Weekday (14:00 WIB – 18:00 WIB) Berdasarkan nilai rata - rata waktu pelayanan gerbang tol Kelapa Gading, didapat tabel 4.10: Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan tabel 4.10 tentang waktu pelayanan kendaraan pada gerbang tol Kelapa Gading GTO Multi Weekday (14:00 WIB – 18:00 WIB), didapat grafik persentase kumulatif (%) serta, waktu pelayanan di setiap gardu menghasilkan rata – rata waktu transaksi sebagai berikut: Dari tabel 4.10 dan grafik 4.6, maka didapatkan data frekuensi waktu pelayanan sebagaimana berikut ini: - Median = 4 detik - Modus = 3 detik 44 - Rata – rata untuk Waktu Pelayanan = 6,34 detik - Presentase Kumulatif 50% = 3,22 detik - Presentase Kumulatif 75% = 6,01 detik - Presentase Kumulatif 85% = 7,64 detik Dalam analisis durasi layanan pada gardu tol otomatis ditentukan berdasarkan rata-rata pada waktu layanan, serta nilai pada presentase kumulatif 50%, 75%, dan 85%. Keempat nilai ini diikuti dengan

perbandingan terhadap besaran median dan modus. Selanjutnya, dipilih besaran yang paling relevan dengan nilai median dan modus, yaitu waktu layanan pada persentase kumulatif 50% yaitu 3,2 detik \approx 3,5 detik. Nilai 3,5 detik didapatkan dari rata – rata antara nilai modus sebesar 3 detik dan nilai median sebesar 4 detik. Berdasarkan Standar Pelayanan Minimal untuk jalan tol, waktu layanan di gerbang tol dengan GTO, transaksi sistem terbuka harus \leq 5 detik/kendaraan. Jika dilihat berdasarkan hasil survei langsung didapatkan bahwa gerbang tol Kelapa Gading GTO Single mempunyai waktu pelayanan sebesar 3,5 detik/kendaraan hal ini telah memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM). \square Weekend (06:00 WIB – 10:00 WIB) Berdasarkan nilai rata - rata waktu pelayanan gerbang tol Kelapa Gading, didapat tabel 4.11: Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan tabel 4.11 tentang waktu pelayanan kendaraan pada gerbang tol Kelapa Gading GTO Multi Weekend (06:00 WIB – 10:00 WIB), didapat grafik persentase kumulatif (%) serta, waktu pelayanan di setiap gardu menghasilkan rata – rata waktu transaksi sebagai berikut: 4,5 Dari tabel 4.11 dan grafik 4.7, maka didapatkan data frekuensi waktu pelayanan sebagaimana berikut ini: - Median = 4 detik - Modus = 3 detik - Rata – rata untuk Waktu Pelayanan = 6,14 detik - Presentase Kumulatif 50% = 3,26 detik - Presentase Kumulatif 75% = 5,32 detik - Presentase Kumulatif 85% = 7,26 detik Dalam analisis durasi layanan pada gardu tol otomatis ditentukan berdasarkan rata-rata pada waktu layanan, serta nilai pada presentase kumulatif 50%, 75%, dan 85%. Keempat nilai ini diikuti dengan perbandingan terhadap besaran median dan modus. Selanjutnya, dipilih besaran yang paling relevan dengan nilai median dan modus, yaitu waktu layanan pada persentase kumulatif 50% yaitu 3,26 detik \approx 3,5 detik. Nilai 3,5 detik didapatkan dari rata – rata antara nilai modus sebesar 3 detik dan nilai median sebesar 4 detik. Berdasarkan Standar Pelayanan Minimal untuk jalan tol, waktu layanan di gerbang tol dengan GTO, transaksi sistem

terbuka harus ≤ 5 detik/kendaraan. Jika dilihat berdasarkan hasil survei langsung didapatkan bahwa gerbang tol Kelapa Gading GTO Single mempunyai waktu pelayanan sebesar 3,5 detik/kendaraan hal ini telah memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM). Weekend (14:00 WIB – 18:00 WIB) Berdasarkan nilai rata - rata waktu pelayanan gerbang tol Kelapa Gading, didapat tabel 4.12: Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan tabel 4.11 tentang waktu pelayanan kendaraan pada gerbang tol Kelapa Gading GTO Multi Weekend (14:00 WIB – 18:00 WIB), didapat grafik persentase kumulatif (%) serta, waktu pelayanan di setiap gardu menghasilkan rata - rata waktu transaksi sebagai berikut: Dari tabel 4.12 dan grafik 4.8, maka didapatkan data frekuensi waktu pelayanan sebagaimana berikut ini: - Median = 3 detik - Modus = 2 detik - Rata - rata untuk Waktu Pelayanan = 5,08 detik - Presentase Kumulatif 50% = 2,23 detik - Presentase Kumulatif 75% = 3,39 detik - Presentase Kumulatif 85% = 4,86 detik Dalam analisis durasi layanan pada gardu tol otomatis ditentukan berdasarkan rata-rata pada waktu layanan, serta nilai pada presentase kumulatif 50%, 75%, dan 85%. Keempat nilai ini diikuti dengan perbandingan terhadap besaran median dan modus. Selanjutnya, dipilih besaran yang paling relevan dengan nilai median dan modus, yaitu waktu layanan pada persentase kumulatif 50% yaitu 2,23 detik $\approx 2,5$ detik. Nilai 2,5 detik didapatkan dari rata - rata antara nilai modus sebesar 2 detik dan nilai median sebesar 3 detik. Berdasarkan Standar Pelayanan Minimal untuk jalan tol, waktu layanan di gerbang tol dengan GTO, transaksi sistem terbuka harus ≤ 5 detik/kendaraan. Jika dilihat berdasarkan hasil survei langsung didapatkan bahwa gerbang tol Kelapa Gading GTO Single mempunyai waktu pelayanan sebesar 2,5 detik/kendaraan hal ini telah memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM). Berdasarkan analisis yang dilakukan pada Gambar 4.9 mengenai perbandingan waktu pelayanan di gerbang tol single pada akhir pekan dan hari kerja, tidak ditemukan perbedaan yang signifikan. Waktu

pelayanan pada periode 06:00 WIB – 10:00 WIB dan 14:00 WIB – 18:00 WIB menunjukkan nilai 47 kurang dari 5 detik per kendaraan. Nilai ini sudah memenuhi syarat Standar Pelayanan Minimal (SPM) yang diterapkan pada gerbang tol tersebut, sehingga menunjukkan bahwa waktu pelayanan berada dalam kategori yang cukup baik. Namun pada kenyataannya terdapat antrian panjang terutama pada jam sibuk (peak hour), sehingga ditinjau kembali hasil survei waktu pelayanan. Berdasarkan hasil survei sebagian besar kendaraan memiliki waktu pelayanan (WP) kurang dari 5 detik, akan tetapi terdapat beberapa kendaraan yang melebihi nilai tersebut. Meskipun demikian, dominasi kendaraan dengan WP di bawah 5 detik memungkinkan sistem untuk tetap mengakomodasi nilai WP yang lebih tinggi. Jika dilihat berdasarkan jenis golongan, pada GTO single rata-rata para pengendara mobil pribadi atau golongan 1 yang mempunyai nilai WP lebih dari 5 detik adalah pengendara yang sudah berumur, hal tersebut tentunya dengan berbagai alasan dari setiap pengendaranya. Untuk mengakomodir nilai WP yang sangat tinggi salah satunya terkhusus untuk pengendara lansia, perlu adanya teknologi terkini untuk dijadikan solusi bagi para pengguna kendaraan yang sering terkendala terkait proses transaksi, yaitu dengan menggunakan MLFF. 10 20 Multi Lane Free Flow (MLFF) sebagai bentuk Electronic Toll Collection (ETC) adalah metode inovatif dalam pembayaran tol yang memungkinkan kendaraan untuk melintas tanpa perlu berhenti di gerbang tol. 5 10 Sistem ini dapat mengidentifikasi kendaraan, sehingga pengendara dapat terus melaju dengan kecepatan tinggi. Teknologi Multi Lane Free Flow (MLFF) memberikan berbagai dampak positif, terutama penggunaan kendaraan golongan satu, yaitu meminimalisir adanya antrian kendaraan di gerbang tol karena proses transaksi ditiadakan. 5 Dengan demikian, waktu perjalanan bagi 48 (Budiharjo et al., 2019) pengguna jalan dapat berkurang karena tidak ada lagi antrian di gerbang tol. Selain itu, kemacetan juga dapat teratasi akibat berkurangnya jumlah kendaraan yang mengantri di gerbang tol. Namun kekurangan dari teknologi MLFF yaitu perlunya investasi yang cukup tinggi bagi para penyedia jasa tol. Berdasarkan

analisis yang dilakukan terhadap Gambar 4.9 mengenai perbandingan waktu pelayanan di gerbang tol multi pada akhir pekan dan hari kerja, tidak ditemukan perbedaan yang signifikan. Waktu pelayanan pada periode 06:00 WIB – 10:00 WIB dan 14:00 WIB – 18:00 WIB menunjukkan nilai kurang dari 5 detik per kendaraan, yang merupakan Standar Pelayanan Minimal (SPM) yang diterapkan di gerbang tol tersebut. Meskipun demikian, waktu pelayanan ini tergolong baik, Namun pada kenyataannya terdapat antrian panjang terutama pada jam sibuk (peak hour), sehingga ditinjau kembali hasil survei waktu pelayanan. Berdasarkan hasil survei sebagian besar kendaraan memiliki waktu pelayanan (WP) kurang dari 5 detik, akan tetapi terdapat beberapa kendaraan yang melebihi nilai tersebut. Meskipun demikian, dominasi kendaraan dengan WP di bawah 5 detik memungkinkan sistem untuk tetap mengakomodasi nilai WP yang lebih tinggi. Kendaraan dengan nilai WP jauh di atas 5 detik umumnya termasuk dalam golongan kendaraan 2 hingga 5. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa kendaraan tersebut dikemudikan oleh sopir dari suatu perusahaan, sehingga ada kemungkinan bahwa para sopir tersebut tidak menerima pelatihan khusus dari perusahaan. Teknologi Multi Lane Free Flow (MLFF) memberikan berbagai dampak positif, terutama penggunaan kendaraan golongan 2 sampai 5, yaitu meminimalisir adanya antrian kendaraan di gerbang tol karena proses transaksi ditiadakan dan meminimalisir kecurangan pengemudi terhadap 49 perusahaan. Akan tetapi perlu adanya pengembangan lebih lanjut terhadap teknologi Multi Lane Free Flow (MLFF) jika teknologi tersebut digunakan oleh suatu perusahaan.

4.3 Analisis Untuk Intensitas Lalu Lintas Untuk tingkat kedatangan yang dianalisis sebelumnya, evaluasi terhadap intensitas lalu lintas (ρ) pada gerbang layanan yang beroperasi menjadi penting. Analisis ini dilakukan dengan mengaplikasikan nilai rata – rata waktu pelayanan didasarkan oleh data yang telah dicatat sebelumnya, sehingga dapat diketahui tingkat intensitas lalu lintas yang terjadi pada gardu tersebut. Intensitas Lalu Lintas (ρ) adalah perbandingan antara Tingkat

Kedatangan (λ) dengan Tingkat Pelayanan (μ) dengan ketentuan bahwa nilainya wajib kurang dari 1. Hasil analisis perhitungan intensitas lalu lintas terhadap volume aktual di gerbang tol yang ditinjau yaitu: 1. Analisis untuk Intensitas Lalu Lintas pada Gerbang Tol Kelapa Gading GTO Single a. Periode waktu (06:00 WIB – 10:00 WIB) Weekday Dengan menggunakan waktu pelayanan 3 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 3 detik, maka didapatkan 1200 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dengan tingkat kedatangan (λ) sebesar 553 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO Single) dan dibagi dengan tingkat pelayanan (μ) sejumlah 1200 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) adalah 0,46, rinciannya adalah sebagai berikut: $\mu = 3600 / 3 \rightarrow \mu = 1200 \text{ Kend / Jam}$ $\rho = 553 / 1200 \rightarrow \rho = 0,46 < 1$ Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho < 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi masih mampu menampung jumlah kendaraan yang ada.

b. Periode waktu (14:00 WIB – 18:00 WIB) Weekday Dengan menggunakan waktu pelayanan 2,5 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 2,5 detik, maka didapatkan 1440 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dengan tingkat kedatangan (λ) sebesar 553 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO Single) dan dibagi dengan tingkat pelayanan (μ) sebesar 1440 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) adalah 0,38, rinciannya adalah sebagai berikut: $\mu = 3600 / 2,5 \rightarrow \mu = 1440 \text{ Kend / Jam}$ $\rho = 553 / 1440 \rightarrow \rho = 0,38 < 1$ Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho < 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi masih mampu menampung jumlah kendaraan yang ada.

c. Periode waktu (06:00 WIB – 10:00 WIB) Weekend Dengan menggunakan waktu pelayanan

2 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 2 detik, maka didapatkan 1800 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dengan tingkat kedatangan (λ) sebesar 553 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO Single) dan dibagi dengan tingkat pelayanan (μ) sebesar 1800 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) adalah 0,31, rinciannya adalah sebagai berikut: $\mu = 3600 / 2 \rightarrow \mu = 1800 \text{ Kend / Jam}$ $\rho = 553 / 1800 \rightarrow \rho = 0,31 < 1$ Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho < 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi masih mampu menampung jumlah kendaraan yang ada. d. Periode waktu (14:00 WIB – 18:00 WIB) Weekend Dengan menggunakan waktu pelayanan 3 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 3 detik, maka didapatkan 1200 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dengan tingkat kedatangan (λ) sebesar 553 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO Single) dan dibagi dengan tingkat pelayanan (μ) sebesar 1200 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) adalah 0,46, rinciannya adalah sebagai berikut: $\mu = 3600 / 3 \rightarrow \mu = 1200 \text{ Kend / Jam}$ $\rho = 553 / 1200 \rightarrow \rho = 0,46 < 1$ Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho < 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi masih mampu menampung jumlah kendaraan yang ada. 2. Analisis untuk Intensitas Lalu Lintas pada Gerbang Tol Kelapa Gading GTO Multi a. Periode waktu (06:00 WIB – 10:00 WIB) Weekday Dengan menggunakan waktu pelayanan 3 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 3 detik, maka didapatkan 1200 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan

(2.4) dengan tingkat kedatangan (λ) sebesar 435 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO S ingle) dan dibagi dengan tingkat pelayanan (μ) sebesar 1200 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) adalah 0,36, rinciannya adalah sebagai berikut: $\mu = 3600 \text{ 3} \rightarrow \mu = 1200 \text{ Kend / Jam}$ $\rho = 435 / 1200 \rightarrow \rho = 0,36 < 1$ Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho < 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi masih mampu menampung jumlah kendaraan yang ada. b. Periode waktu (14:00 WIB – 18:00 WIB) Weekday Dengan menggunakan waktu pelayanan 3,5 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 3,5 detik, maka didapatkan 1028 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dengan 53 tingkat kedatangan (λ) sebesar 435 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO S ingle) dan dibagi dengan jumlah tingkat pelayanan (μ) sebesar 1028 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) adalah 0,42 dengan rincian sebagai berikut: $\mu = 3600 \text{ 3, 5} \rightarrow \mu = 1028 \text{ Kend / Jam}$ $\rho = 435 / 1028 \rightarrow \rho = 0,42 < 1$ Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho < 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi masih mampu menampung jumlah kendaraan yang ada. c. Periode waktu (06:00 WIB – 10:00 WIB) Weekend Dengan menggunakan waktu pelayanan 3,5 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 3,5 detik, maka didapatkan 1028 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dengan tingkat kedatangan (λ) sebesar 435 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO S ingle) dan dibagi dengan jumlah tingkat pelayanan (μ) sebesar 1028 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) adalah 0,42 dengan rincian sebagai berikut: $\mu = 3600 \text{ 3, 5} \rightarrow \mu = 1028 \text{ Kend / Jam}$ $\rho = 435 / 1028 \rightarrow \rho = 0,42 < 1$

, $\rho < 1$. Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho < 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi masih mampu menampung jumlah kendaraan yang ada. d. Periode waktu (14:00 WIB – 18:00 WIB) Weekend Dengan menggunakan waktu pelayanan 2,5 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 2,5 detik, maka didapatkan 1440 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dengan tingkat kedatangan (λ) sebesar 435 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO Single) dan dibagi dengan jumlah tingkat pelayanan (μ) sebesar 1440 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) adalah 0,3 dengan rincian sebagai berikut: $\mu = 3600 / 2,5$
 $\rightarrow \mu = 1440 \text{ Kend / Jam}$ $\rho = 435 / 1440 \rightarrow \rho = 0,3 < 1$ Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho < 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi masih mampu menampung jumlah kendaraan yang ada.

4.4 Analisis Antrean FIFO pada Gerbang Tol

Analisis antrean dilakukan guna menghitung panjang antrean dan menentukan jumlah gardu yang diperlukan berdasarkan hasil tabel yang telah analisis. Proses analisis antrean serupa dengan analisis untuk intensitas lalu lintas, prosesnya dengan mengaplikasikan waktu pelayanan yang diperoleh dari informasi yang telah dicatat selama survey. Dengan cara ini, dapat diketahui kondisi antrian pada berbagai waktu pelayanan. Hasil perhitungan pada Analisa antrean volume adalah volume asli berdasarkan gerbang tol yang dianalisis, yaitu: 1. Analisa Antrian pada Gerbang Tol Kelapa Gading GTO Single Dengan panjang kendaraan golongan I = 5,5 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan V = 21 m. a. Periode waktu (06:00 WIB – 10:00 WIB) Weekday Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) sejumlah 553 kendaraan per jam serta jumlah tingkat layanan (μ) sebesar 1200 kendaraan per jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) sebesar 0,46,

kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 3 detik/kendaraan dan jumlah jalur antrian yang terjadi pada GTO single (N) adalah 1 jalur antrian. Lalu untuk menghitung tingkat kendaraan dalam sistem (n) menggunakan persamaan (2.5), kemudian untuk menghitung tingkat kendaraan dalam antrian (q) menggunakan persamaan (2.6), serta untuk menghitung waktu kendaraan dalam sistem (d) menggunakan persamaan (2.7), dan dalam menghitung persamaan (w) menggunakan dengan persamaan (2.8), yaitu: $n = 553/1200 - (553/1) = 0,85 = 1$ Kendaraan $q = 553/1200(1200 - (553/1)) = 0,39 = 1$ Kendaraan $d = 1200 - (553/1) \times 3600 = 5,56 = 6$ Detik $w = (553/1)1200 \mu Pa$

da WP 3 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan dengan menggunakan gardu GTO single. Hasil perhitungan antrian dengan menggunakan waktu pelayanan 3 detik dalam kondisi dimana gerbang tol gardu GTO single beroperasi secara maksimal (1 gardu terbuka, sehingga hanya ada 1 lajur antrian), dapat dilihat pada analisis yang ditampilkan pada tabel 4.13, yaitu: Dari Tabel 4.13 terlihat besaran q kondisi saat ini < 10 sehingga tidak perlu penambahan gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada.

b. Periode waktu (14:00 WIB – 18:00 WIB) Weekday Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) sejumlah 553 kendaraan per jam serta tingkat layanan (μ) sebesar 1440 kendaraan per jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) sebesar 0,38, kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 2,5 detik/kendaraan dan jumlah jalur antrian yang terjadi pada GTO single (N) adalah 1 jalur antrian. Lalu untuk menghitung total volume kendaraan dalam sistem (n) menggunakan persamaan (2.5), kemudian untuk menghitung volume kendaraan dalam antrian (q) menggunakan rumus (2.6), serta untuk menghitung waktu kendaraan dalam sistem (d) menggunakan persamaan (2.7), dan dalam menghitung persamaan (w) menggunakan dengan persamaan (2.8), yaitu: $n = 553/1440 - (553/1) = 0,62 = 1$ Kendaraan $q = 553/1200(1440 - (553/1)) = 0,62 = 1$ Kendaraan $d = 1200 - (553/1) \times 3600 = 5,56 = 6$ Detik $w = (553/1)1200 \mu Pa$

$440 - (553/1) = 0,24 = 1$ Kendaraan $d = 1$ $1440 - (553/1) \times$
 $3600 = 4,06 = 4$ Detik $w = (553/1) 1440$ Pada WP 2,5 d
 etik/kendaraan, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu
 yang dibutuhkan dengan menggunakan gardu GTO single . Hasil perhitungan
 antrian menggunakan waktu pelayanan 2,5 detik dalam kondisi di mana
 gerbang tol gardu GTO single beroperasi secara penuh. (1 gardu
 beroperasi, sehingga terbentuk 1 lajur antrean), ditunjukkan pada analisis
 yang ditampilkan pada tabel 4.14, yaitu: Dari tabel 4.14, terlihat
 nilai q kondisi saat ini < 10 sehingga tidak perlu penambahan gardu
 untuk menampung volume kendaraan yang ada. c. Periode waktu (06:00 WIB
 – 10:00 WIB) weekend Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhka
 n analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan
 (λ) sejumlah 553 kendaraan per jam serta tingkat layanan (μ) sebesar
 1800 kendaraan per jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) sebesar 0,31,
 kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 2 detik/kendaraan dan
 jumlah jalur antrian yang terjadi pada GTO single (N) adalah 1 jalur
 antrian. Lalu untuk menghitung total volume kendaraan dalam sistem (n
) menggunakan rumus (2.5), kemudian untuk menghitung volume kendaraan
 dalam antrian (q) menggunakan rumus (2.6), serta untuk menghitung
 waktu kendaraan dalam sistem (d) menggunakan rumus (2.7), dan dalam
 58 menghitung persamaan (w) menggunakan dengan rumus (2.8), yaitu:
 $n = 553/1 1800 - (553/1) = 0,44 = 1$ Kendaraan $q = 55$
 $3/1 2 1800(1800 - (553/1)) = 0,14 = 1$ Kendaraan $d = 1$
 $200 - (553/1) \times 3600 = 2,89 = 3$ Detik $w = (553/1) 1800$ Pada
 WP 2 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrean untuk melihat jumlah
 gardu yang dibutuhkan dengan menggunakan gardu GTO single . Hasil
 perhitungan antrean menggunakan waktu pelayanan 2 detik dalam kondisi di
 mana gerbang tol GTO single beroperasi secara penuh. (1 gardu
 beroperasi, sehingga tercipta 1 lajur antrean), ditunjukkan pada analisis
 yang disajikan tabel 4.15, yaitu: Dari Tabel 4.15, terlihat besaran q
 kondisi saat ini < 10 sehingga tidak perlu penambahan gardu untuk

menampung volume kendaraan yang ada. d. Periode waktu (14:00 WIB – 18:00 WIB) weekend Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) sejumlah 553 kendaraan per jam serta tingkat layanan (μ) sebesar 1200 kendaraan per jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) sebesar 0,46, kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 3 detik/kendaraan dan jumlah jalur antrean yang terjadi pada GTO single (N) adalah 1 jalur antrian. Lalu untuk menghitung total volume kendaraan dalam sistem (n) 59 menggunakan rumus (2.5), kemudian untuk menghitung volume kendaraan dalam antrean (q) menggunakan rumus (2.6), serta untuk menghitung waktu kendaraan dalam sistem (d) menggunakan rumus (2.7), dan dalam menghitung persamaan (w) menggunakan dengan rumus (2.8), yaitu: $n = 553/1200 - (553/1200) = 0,46 = 1$ Kendaraan $q = 553/1200(1200 - (553/1200)) = 0,39 = 1$ Kendaraan $d = 1200 - (553/1200) \times 3600 = 5,56 = 6$ Detik $w = (553/1200) \times 3$ Pada WP 3 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan dengan menggunakan gardu GTO single . Hasil perhitungan antrean menggunakan waktu pelayanan 3 detik dalam kondisi di mana gerbang tol gardu GTO single beroperasi dengan optimal. (1 gardu beroperasi, sehingga tercipta 1 lajur antrean), terlihat pada analisis yang disajikan tabel 4.16, yaitu: Dari Tabel 4.16, terlihat besaran q kondisi saat ini < 10 sehingga tidak perlu penambahan gardu untuk menampung jumlah kendaraan.

2. Analisis Antrean pada Gerbang Tol Kelapa Gading GTO Multi a. Periode waktu (06:00 WIB – 10:00 WIB) Weekday Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) sejumlah 435 kendaraan per jam 60 serta tingkat layanan (μ) sebesar 1200 kendaraan per jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) 0,36 kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 3 detik/kendaraan dan jumlah jalur antrian yang terjadi pada GTO multi (N) adalah 1 jalur antrian. Lalu untuk menghitung total volume kendaraan dalam sistem (n

) menggunakan rumus (2.5), kemudian untuk menghitung volume kendaraan dalam antrean (q) menggunakan rumus (2.6), serta untuk menghitung waktu kendaraan dalam sistem (d) menggunakan rumus (2.7), dan dalam menghitung persamaan (w) menggunakan rumus (2.8), yaitu: $n = 453/$

$11200 - (453/1) = 0,61 = 1$ Kendaraan $q = 453/11200(120$

$0 - (453/1) = 0,23 = 1$ Kendaraan $d = 11200 - (453/1) \times 3$

$600 = 4,82 = 5$ Detik $w = (453/1)1200$; Pada WP 3 detik/kendara

an, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan

dengan menggunakan gardu GTO multi. Hasil perhitungan antrean

menggunakan waktu pelayanan 3 detik dalam kondisi di mana gerbang tol

GTO multi beroperasi secara optimal. (1 gardu beroperasi, sehingga

tercipta 1 lajur antrean), terlihat pada analisis yang disajikan tabel

4.17, yaitu: Dari Tabel 4.17, terlihat besaran q kondisi saat ini <

10 sehingga tidak perlu penambahan gardu untuk menampung volume

kendaraan yang ada. 61 b. Periode waktu (14:00 WIB – 18:00 WIB

) Weekday Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari

perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) sejumlah

435 kendaraan per jam serta tingkat layanan (μ) sebesar 1028 kendaraan

per jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) sebesar 0,42, kemudian

menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 3,5 detik/kendaraan dan jumlah

jalur antrian yang terjadi pada GTO multi (N) adalah 1 jalur

antrian. Lalu untuk menghitung total volume kendaraan dalam sistem (n

) menggunakan rumus (2.5), kemudian untuk menghitung volume kendaraan

dalam antrean (q) menggunakan rumus (2.6), serta untuk menghitung

waktu kendaraan dalam sistem (d) menggunakan rumus (2.7), dan dalam

menghitung persamaan (w) menggunakan rumus (2.8), yaitu: $n = 453/$

$11028 - (453/1) = 0,79 = 1$ Kendaraan $q = 453/11028(102$

$8 - (453/1) = 0,35 = 1$ Kendaraan $d = 11028 - (453/1) \times 3$

$600 = 6,26 = 7$ Detik $w = (453/1)1028$; Pada WP 3,5 detik/kendara

an, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan

dengan menggunakan gardu GTO multi. Hasil perhitungan antrean

menggunakan waktu pelayanan 3,5 detik dalam kondisi di mana gerbang tol gardu GTO multi beroperasi secara optimal. (1 gardu beroperasi sehingga tercipta 1 62 lajur antrean), terlihat pada analisis yang ditampilkan dalam tabel 4.18, yaitu: Dari Tabel 4.18, terlihat besaran q kondisi saat ini < 10 sehingga tidak perlu penambahan gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada. c. Periode waktu (06:00 WIB – 10:00 WIB) weekend Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) sejumlah 435 kendaraan per jam serta tingkat layanan (μ) sebesar 1028 kendaraan per jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) sebesar 0,24, kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 3,5 detik/kendaraan dan jumlah jalur antrian yang terjadi pada GTO multi (N) adalah 1 jalur antrian. Lalu untuk menghitung total volume kendaraan dalam sistem (n) menggunakan rumus (2.5), kemudian untuk menghitung volume kendaraan dalam antrean (q) menggunakan rumus (2.6), serta untuk menghitung waktu kendaraan dalam sistem (d) menggunakan rumus (2.7), dan dalam menghitung persamaan (w) menggunakan rumus (2.8), yaitu: $n = 453 / (1028 - (453/1)) = 0,79 = 1$ Kendaraan $q = 453 / (2 \cdot 1028 - (1028 - (453/1))) = 0,35 = 1$ Kendaraan $d = (1028 - (453/1)) \times 3600 = 6,26 = 7$ Detik $w = (453/1) / (1028 - (453/1)) = 0,63$ Pada WP 3,5 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan dengan menggunakan gardu GTO multi. Hasil perhitungan antrean menggunakan waktu pelayanan 3,5 detik dalam kondisi di mana gerbang tol GTO multi beroperasi secara optimal. (1 gardu beroperasi sehingga tercipta 1 lajur antrean), terlihat pada analisis yang ditampilkan tabel 4.19, yaitu: Dari Tabel 4.19, terlihat besaran q kondisi saat ini < 10 sehingga tidak perlu penambahan gardu untuk dapat menampung volume kendaraan yang ada. d. Periode waktu (14:00 WIB – 18:00 WIB) weeken Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) sejumlah 435 kendaraan per jam serta tingkat layanan (μ) sebesar 1440 kendaraan

per jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) sebesar 0,3, kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 2,5 detik/kendaraan dan jumlah jalur antrian yang terjadi pada GTO multi (N) adalah 1 jalur antrian. Lalu untuk menghitung total volume kendaraan dalam sistem (n) menggunakan rumus (2.5), kemudian untuk menghitung volume kendaraan dalam antrian (q) menggunakan rumus (2.6), serta untuk menghitung waktu kendaraan dalam sistem (d) menggunakan rumus (2.7), dan dalam menghitung persamaan (w) menggunakan rumus (2.8), yaitu: $n = 453 / 1 - 1440 - (453/1) = 0,46 = 1$ Kendaraan $q = 453 / 1 - 2 - 1440(1440 - 0 - (453/1)) = 0,14 = 1$ Kendaraan $64 d = 1 - 1440 - (453 / 1) \times 3600 = 3,65 = 4$ Detik $w = (453/1) - 1440$; Pada WP 2,5 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan dengan menggunakan gardu GTO multi. Hasil perhitungan antrian menggunakan waktu pelayanan 2,5 detik dalam kondisi di mana gerbang tol GTO multi beroperasi secara optimal. (1 gardu beroperasi, sehingga tercipta 1 lajur antrian), terlihat pada analisis yang ditampilkan tabel 4.20, yaitu: Dari Tabel 4.20, terlihat besaran q kondisi saat ini < 10 sehingga tidak perlu penambahan gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada.

4.5 Analisis Antrian Traffic Flow

Fundamental Analisis antrian diperlukan untuk memperoleh gambaran tentang panjang antrian secara hitungan. Pada proses analisis ini, digunakan rumus traffic flow fundamental sementara mempertimbangkan data kapasitas yang berubah sesuai dengan PKJI tahun 2023 serta data dari analisis sebelumnya. Dalam melakukan analisis antrian (traffic flow fundamental) pada gerbang tol Kelapa Gading dengan menggunakan kapasitas Jalan Bebas Hambatan 4/2 yaitu C (kapasitas) = C_0 (kapasitas dasar) \times FCI (Faktor Penyesuaian Kapasitas) (PKJI 2023), $C = 2500$ (tabel 2-2 PKJI JBH 2023) $\times 1$ (tabel 2-2 PKJI JBH 2023), $C = 2500$ kendaraan/jam. Menggunakan waktu pelayanan terbesar dari beberapa periode waktu yang telah dianalisis menggunakan analisis waktu pelayanan (WP) sebelumnya 65 yaitu sebesar 3,5 detik. Kemudian menggunakan data (λ) volume lalu

lintas sebesar 988 didapatkan dari perhitungan forecasting Dengan pembagian GTO Multi (44% dari kendaraan golongan 1) = 435 kendaraan/jam ; GTO Single (56% dari kendaraan golongan 1) = 553 kendaraan/jam . Kemudian μR (Kapasitas) sebesar 1191 kendaraan/jam yang didapatkan dari hasil survei gabungan dari tingkat kedatangan GTO single sebesar 660 kendaraan/jam dan GTO multi sebesar 531 kendaraan/jam. Lalu kapasitas dasar (μ) 2500 kendaraan/jam berdasarkan tabel 2.2 kapasitas dasar JBH menurut PKJI 2023. Dan antrian yang terjadi adalah 2 jalur antrian (GTO multi dan GTO single). Setelah itu untuk mencari (tQ) lama waktu antrian menggunakan persamaan (2.9), kemudian mencari jumlah kendaraan yang mengalami antrian (NQ) menggunakan persamaan (2.10), lalu untuk mencari (QM) panjang antrian maksimum maka menggunakan persamaan (2.11) dan mencari panjang antrian rata-rata saat terjadi antrian (QQ) menggunakan persamaan (2.12). Untuk semua persamaan tersebut dapat dirincikan sebagai berikut: $tQ =$ lama waktu dalam antrian (detik / jam) $tQ = 3,5(2500-1191) / 2500-988 = 3,03$ detik = 3,03 detik $NQ =$ jumlah kendaraan yang mengalami antrian $NQ = 988 \times 3,03 = 3000,84 = 3001$ kendaraan $QM =$ Panjang antrian maksimum $QM = 3(988-1191) / 3600 = -0,169 = -1$ kendaraan $QQ =$ Panjang antrian rata-rata saat terjadi antrian $QQ = 3(988-1191) / 7200 = -0,084 = -1$ kendaraan

4.6 Analisa Peramalan (Forecasting) Analisis peramalan (forecasting) bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas gerbang dalam memberikan layanan kepada kendaraan yang melintas, khususnya mempertimbangkan peningkatan jumlah kendaraan dari tahun-tahun sebelumnya. Prediksi kenaikan volume kendaraan di gerbang tol dievaluasi berdasarkan data yang tercatat dari tahun 2021 hingga 2023 dengan menggunakan analisa regresi linear. Hasil peramalan lalu lintas kendaraan ini kemudian digunakan untuk menentukan jumlah gardu yang diperlukan untuk dapat menampung volume kendaraan yang diprediksi pada tahun 2029.

1. Analisa Tingkat Kedatangan pada Tahun 2029 Analisa tingkat kedatangan dilakukan dengan cara melakukan regresi linear data

historis tahun 2021-2023 untuk menentukan jumlah kendaraan yang melewati gerbang tol pada tahun 2029, hasil perhitungan analisis tingkat kedatangan kendaraan pada tahun tersebut di gerbang tol yang dianalisis yaitu Gerbang keluar tol Kelapa Gading. Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan di tahun 2029 dilakukan menggunakan teknik forecasting dari data tahun - tahun sebelumnya menggunakan regresi linier. Berdasarkan hasil analisis regresi linear terhadap volume lalu lintas yang ditampilkan pada tabel 4.22, volume lalu lintas untuk tahun 2029 dapat dihitung menggunakan persamaan (2.13) sebagai berikut:

$$\text{Volume Lalu Lintas} = a + bx = -1840985255 + (911198 \times 2029) = -1840985255 + 1848820742 = 7.835.487$$

Kendaraan 67 Selanjutnya, untuk menentukan tingkat kedatangan kendaraan selama arus jam puncak, jumlah kendaraan per tahun perlu dibagi dengan 365 hari agar diperoleh volume lalu lintas harian, yaitu $7.835.487 / 365 \text{ hari} = 21.467 \text{ kendaraan/hari}$

i. Agar dapat menentukan arus jam puncak berdasarkan LHRT, diperlukan faktor K yang digunakan untuk menghitung JBH, maka lalu lintas harian perlu dikali faktor k (0,11), Sehingga didapat $21.467 \times 0,11 = 2.361 \text{ kendaraan/jam} = 1.180 \text{ kendaraan/jam/gardu}$. Dengan pembagian GTO Multiple (44% dari kendaraan golongan 1) = 1.039 kendaraan/jam; GTO Single (56% dari kendaraan golongan 1) = 1.322 kendaraan/jam.

2. Analisis Intensitas untuk Lalu Lintas di Tahun 2029 Untuk volume tingkat kedatangan yang diramalkan pada tahun 2029, seperti yang dijelaskan dalam analisis waktu pelayanan sebelumnya, perlu diimplementasikan analisa intensitas lalu lintas (ρ) pada gardu layanan yang beroperasi untuk menentukan tingkat intensitas yang akan tercipta. Analisis ini mengaplikasikan rata - rata waktu pelayanan, diperoleh dari data yang telah tercatat sebelumnya, sehingga intensitas lalu lintas yang terjadi dapat diketahui.. Intensitas Lalu Lintas (ρ) adalah perbandingan yang menghubungkan Tingkat Kedatangan (λ) serta Tingkat Pelayanan (μ) dengan ketentuan bahwa nilainya wajib kurang dari 1. Hasil analisis perhitungan intensitas lalu lintas volume aktual untuk gerbang tol yang

dikaji yaitu: a. Gerbang Tol Kelapa Gading Single Pada tahun 2029 direncanakan untuk GTO Single. Perencanaan gerbang menggunakan proporsi kendaraan 56% golongan I untuk GTO Single dengan menggunakan 68 waktu pelayanan 3 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 3 detik, maka didapatkan 1200 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dengan tingkat kedatangan (λ) sebesar 1322 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO Single) dan dibagi berdasarkan tingkat pelayanan (μ) sejumlah 1200 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) sebesar 1,1 dengan rincian sebagai berikut: $\lambda = 1322$ Kendaraan / Jam $N = 1$ (Jumlah GTO single) $\mu = 3600 / 3 \rightarrow \mu = 1200$ Kend / Jam $\rho = 1322 / (1 \cdot 1200) \rightarrow \rho = 1,1 > 1$ Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho > 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi sudah melebihi kapasitas, sehingga tidak dapat menampung jumlah kendaraan yang ada. b. Gerbang Tol Kelapa Gading Multi Pada tahun 2029 direncanakan untuk GTO Multi. Perencanaan gerbang menggunakan proporsi kendaraan 44% golongan I, II, III, IV, dan V masuk ke GTO Multi dengan menggunakan waktu pelayanan 3,5 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 3,5 detik, maka didapatkan 1028 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dengan 69 tingkat kedatangan (λ) sebesar 1039 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO Multi) dan dibagi berdasarkan tingkat pelayanan (μ) sejumlah 1028 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) sebesar 1,1 dengan rincian sebagai berikut: $\lambda = 1039$ Kendaraan / Jam $N = 1$ (Jumlah GTO Multi) $\mu = 3600 / 3,5 \rightarrow \mu = 1028$ Kend / Jam $\rho = 1039 / (1 \cdot 1028) \rightarrow \rho = 1,01 > 1$ Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho > 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi sudah melebihi

kapasitas, sehingga tidak dapat menampung jumlah kendaraan yang ada. 3. Analisa Antrian Antrian FIFO untuk Gerbang Tol pada Tahun 2029 Analisa antrean dilakukan dengan cara menghitung panjang antrian dan menentukan jumlah gardu yang diperlukan berdasarkan hasil tabel yang telah dianalisis. Proses analisis antrean serupa dengan analisis untuk intensitas lalu lintas, yakni menggunakan waktu pelayanan, diperoleh dari data yang telah tercatat selama survey . Dengan cara ini, dapat diketahui kondisi antrian pada berbagai waktu pelayanan. Dengan panjang kendaraan golongan I = 5,5 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan V = 21 m. Hasil perhitungan pada Analisa antrian volume adalah volume asli berdasarkan gerbang tol yang telah dianalisis, yaitu: 70 a. Analisa Antrean untuk Gerbang Tol Kelapa Gading GTO Single Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) pada forecasting tahun 2029 sebesar 1322 kendaraan/jam serta tingkat pelayanan (μ) sebesar 1200 kendaraan/jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) 1,1 kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 3 detik/kendaraan dan jumlah jalur antrian yang terjadi pada GTO single (N) adalah 1 jalur antrian. Lalu untuk menghitung total volume kendaraan dalam sistem (n) menggunakan rumus (2.5), kemudian untuk menghitung volume kendaraan dalam antrean (q) menggunakan rumus (2.6), serta untuk menghitung waktu kendaraan dalam sistem (d) menggunakan rumus (2.7), dan dalam menghitung persamaan (w) menggunakan rumus (2.8), yaitu: $n = \frac{1322}{1200 - (1322/1)} = 10,84 \approx 11$ Kendaraan $q = \frac{1322}{1200} \left(\frac{1322}{1200 - (1322/1)} \right) = 11,94 \approx 12$ Kendaraan $d = \frac{1}{1200 - (1322/1)} \times 3600 = 29,51 \approx 30$ Detik $w = \frac{1322}{1200} \times 3$ Pada WP 3 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan dengan menggunakan gardu GTO single . Hasil perhitungan antrean dengan menggunakan waktu pelayanan 3 detik dalam kondisi dimana gerbang tol GTO single beroperasi secara maksimal (1 gardu terbuka,

sehingga hanya ada 1 lajur antrian), dapat dilihat pada analisis yang terdapat pada tabel 4.23, yaitu: Dari Tabel di atas nilai q kondisi saat ini > 10 sehingga perlu penambahan 1 gardu untuk dapat menampung volume kendaraan yang ada. Nilai $-$ (minus) menunjukkan tingkat kedatangan lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat pelayanan, sehingga antrean yang tercipta menjadi tak terhingga. b. Analisa Antrian pada Gerbang Tol Kelapa Gading GTO Multi Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) pada forecasting tahun 2029 sebesar 1039 kendaraan/jam serta tingkat pelayanan (μ) sejumlah 1028 kendaraan/jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) 1,1 kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 3,5 detik/kendaraan dan jumlah jalur antrian yang terjadi pada GTO multi (N) adalah 1 jalur antrian. Lalu untuk menghitung total volume kendaraan dalam sistem (n) menggunakan rumus (2.5), kemudian untuk menghitung volume kendaraan dalam antrean (q) menggunakan rumus (2.6), serta untuk menghitung waktu kendaraan dalam sistem (d) menggunakan rumus (2.7), dan dalam menghitung persamaan (w) menggunakan dengan rumus (2.8), yaitu: $n = 1039/1 - 1028 = (1039/1) - 94 = 94$ Kendaraan $q = 1039/1 - 1028(1028 - (1039/1)) = 95,47 = 95$ Kendaraan $d = 1 - 1028 - (1039/1) \times 3600 = 327,27 = 327$ Detik $w = (1039/1) - 1028$ Pada WP 3,5 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan dengan menggunakan gardu GTO multi. Hasil perhitungan antrean dengan menggunakan waktu pelayanan 3,5 detik dalam kondisi dimana gerbang tol GTO multi beroperasi secara maksimal (1 gardu terbuka, sehingga hanya ada 1 lajur antrian), dapat dilihat pada analisis yang terdapat pada tabel 4.24, yaitu: Dari Tabel di atas nilai q kondisi saat ini > 10 sehingga perlu penambahan 1 gardu untuk dapat menampung volume kendaraan yang ada. Nilai $-$ (minus) menunjukkan tingkat kedatangan lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat pelayanan sehingga, antrean yang tercipta menjadi tak terhingga. Pada gambar 4.12 analisis

kapasitas gerbang tol dapat dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa aspek melalui berbagai metode. Dalam analisis ini, tingkat kedatangan kendaraan pada gerbang tol Kelapa Gading untuk tahun 2024 diprediksi sebesar 494 kendaraan/jam/gardu, sedangkan untuk tahun 2029 diperkirakan mencapai 1.180 kendaraan/jam/gardu. Hal ini menunjukkan bahwa volume kendaraan pada gerbang tol tidak memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM). Selanjutnya, analisis intensitas lalu lintas menunjukkan bahwa pada tahun 2024, nilai intensitas lalu lintas kurang dari 1, yang berarti gerbang tol masih dapat menampung kendaraan dalam gardu per jam. Namun, pada tahun 2029, intensitas lalu lintas meningkat menjadi lebih dari 1, yang mengindikasikan bahwa gerbang tol sudah tidak mampu menampung kendaraan dalam gardu per jam. Dalam analisis antrian FIFO, diperoleh bahwa rata-rata antrian kendaraan pada tahun 2024 adalah kurang dari 10 kendaraan, sedangkan pada tahun 2029, antrian kendaraan rata-rata meningkat menjadi lebih dari 10 kendaraan. Dari berbagai aspek yang dianalisis menggunakan beberapa metode tersebut, penambahan gardu tol dapat diperhitungkan untuk pengambilan keputusan. Namun, perlu dicatat bahwa angka-angka tersebut hanya merupakan prediksi dan dapat berubah sesuai dengan keadaan yang berlaku.

74 BAB V PENUTUP 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan ini didasari atas hasil analisis yang telah dilaksanakan tentang evaluasi kinerja dan pelayanan gerbang tol Kelapa Gading, didapatkan poin sebagai berikut: 1) Pada hasil analisis tingkat kedatangan, dapat terlihat untuk analisis tingkat kedatangan pada gerbang tol Kelapa Gading menunjukkan bahwa tingkat kedatangan berdasarkan GTO single dan GTO multi mencapai 494 kendaraan/jam/gardu. Dengan demikian, gerbang tol Kelapa Gading belum memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM), di mana syaratnya adalah tingkat kedatangan harus kurang dari 450 kendaraan/jam/gardu. Kemudian untuk waktu pelayanan (WP) pada gerbang tol Kelapa Gading 2024 adalah sebagai berikut: a. Pada GTO single untuk waktu pelayanan (WP) pada weekday untuk periode jam sibuk rata – rata sebesar 3 detik/kendaraan. Untuk jam renggang rata – r

ata sebesar 2,5 detik/kendaraan. Kemudian untuk weekend pada periode jam sibuk rata – rata waktu pelayanan sebesar 2 detik/kendaraan. Lalu untuk jam renggang rata – rata sebesar 3 detik/kendaraan. Oleh karena itu untuk gerbang tol Kelapa Gading rata – rata memiliki WP kurang dari 5 detik/kendaraan, maka gerbang tol Kelapa Gading GTO single telah memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM) dengan syaratnya adalah waktu pelayanan < 5 detik/kendaraan untuk sistem gerbang tol terbuka. b. Pada GTO multi untuk waktu pelayanan (WP) pada weekday untuk periode jam sibuk rata – rata sebesar 3,75 detik/kendaraan . Untuk jam renggang rata – rata sebesar 3,5 detik/kendaraan. Kemudian untuk weekend pada periode jam sibuk rata – rata waktu pelayanan sebesar 3,5 detik/kendaraan. Lalu untuk jam renggang rata – rata sebesar 2,5 detik/kendaraan. Oleh karena itu untuk gerbang tol Kelapa Gading GTO multi rata – rata memiliki WP kurang dari 5 detik/kendaraan, maka gerbang tol Kelapa Gading telah mencapai kriteria Standar Pelayanan Minimal (SPM) dengan syaratnya adalah waktu pelayanan < 5 detik/kendaraan untuk sistem gerbang tol terbuka. 2) Dengan jumlah tingkat kedatangan berdasarkan hasil survei dan perhitungan yang telah di analisa maka untuk tahun 2024 jumlah gardu tol yang harus tetap dibuka untuk gerbang tol Kelapa Gading adalah 2 Gardu dengan masing-masing satu gardu untuk GTO single dan GTO multi. 3) Dengan volume tingkat kedatangan yang telah diitung melalui analisa peramalan (forecasting). Dengan demikian, jumlah gardu tol yang harus beroperasi untuk gerbang tol Kelapa Gading pada tahun 2029 adalah 4 Gardu dengan masing-masing dua gardu untuk GTO single dan GTO multi.

5.2 Saran Beberapa hal yang dapat dilakukan oleh pengelola jalan tol agar mencapai efisiensi arus lalu lintas pada gerbang tol, sehingga tercipta kondisi arus lalu lintas kendaraan yang optimal. Beberapa langkah tersebut antara lain adalah: 1) Melakukan sosialisasi terkait jalan tol untuk meningkatkan kesadaran pengguna kendaraan jalan tol mengenai kecukupan saldo e – toll. Hal tersebut bisa dilakukan seperti

i membuat rambu perintah mengenai ketersediaan 76 saldo kartu uang elektronik sebelum memasuki jalan tol atau sebelum memasuki gardu pembayaran tol. Selain itu dapat juga memberikan himbauan dengan VMS (Variable Message Sign) mengenai kecukupan saldo e – toll serta penggunaan sosial media pengelola jalan tol terkait dengan update informasi terkini. 5 18 2)

Menerapkan sistem transaksi MLFF (Multi Lane Free Flow) dimana kendaraan tidak perlu berhenti dan menghentikan kendaraanya di gerbang tol atau proses pembayaran tol tanpa henti. Terdapat beberapa teknologi MLFF yang sudah diterapkan di Indonesia yaitu dengan menggunakan sistem DSRC (Dedicated Short Range Communication), sistem tersebut memungkinkan penyimpanan data atau identitas kendaraan dalam sebuah alat yang diletakan di kendaraan atau OBU (On Board Unit). Kemudian ada juga yang menggunakan sistem RFID (Radio Frequency Identification) dengan media stiker RFID yang ditempelkan pada mika lampu kendaraan 77



REPORT #24706025

Results

Sources that matched your submitted document.

● IDENTICAL ● CHANGED TEXT

INTERNET SOURCE		
1.	1.95% repository.its.ac.id https://repository.its.ac.id/54187/1/10111410000059_Undergraduate_Theses.pdf	●
INTERNET SOURCE		
2.	0.61% binamarga.pu.go.id https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/1942/09pbm2023-pedoman-kapasitas...	● ●
INTERNET SOURCE		
3.	0.6% journal.unpar.ac.id https://journal.unpar.ac.id/index.php/journaltransportasi/article/view/3855/2896	●
INTERNET SOURCE		
4.	0.47% eskripsi.usm.ac.id https://eskripsi.usm.ac.id/files/skripsi/C11A/2013/C.131.13.0077/C.131.13.0077-0..	●
INTERNET SOURCE		
5.	0.45% ktj.pktj.ac.id https://ktj.pktj.ac.id/ktj/article/download/27/28/43	●
INTERNET SOURCE		
6.	0.39% www.kompas.com https://www.kompas.com/properti/read/2023/11/06/123000621/pentingnya-spm.	●
INTERNET SOURCE		
7.	0.37% repository.unhas.ac.id http://repository.unhas.ac.id/14458/2/D11116312_skripsi_bab%201-2.pdf	●
INTERNET SOURCE		
8.	0.33% repository.umsu.ac.id http://repository.umsu.ac.id/bitstream/handle/123456789/7809/BAHAN_BURN.p...	●
INTERNET SOURCE		
9.	0.32% eprints.ums.ac.id https://eprints.ums.ac.id/89538/2/Bab%201.pdf	●



REPORT #24706025

INTERNET SOURCE		
10. 0.31%	www.detik.com https://www.detik.com/jatim/berita/d-7359630/mengenal-aturan-bayar-tol-tanp..	●
INTERNET SOURCE		
11. 0.27%	media.neliti.com https://media.neliti.com/media/publications/222002-analisis-antrian-pada-term..	●
INTERNET SOURCE		
12. 0.27%	pppm.stis.ac.id https://pppm.stis.ac.id/dataPKL/60/Buku%20Laporan/Buku%2009%20[Riset%2...	●
INTERNET SOURCE		
13. 0.24%	repositori.uma.ac.id https://repositori.uma.ac.id/bitstream/123456789/17818/2/148110024%20-%20...	●
INTERNET SOURCE		
14. 0.23%	perizinanrealestate.wordpress.com https://perizinanrealestate.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/03/pp-no...	●
INTERNET SOURCE		
15. 0.21%	ekonomi.bisnis.com https://ekonomi.bisnis.com/read/20230207/45/1625705/dpr-penerapan-mlff-jan...	●
INTERNET SOURCE		
16. 0.21%	e-journal.uajy.ac.id http://e-journal.uajy.ac.id/20056/2/1751027491.pdf	●
INTERNET SOURCE		
17. 0.19%	www.kompas.com https://www.kompas.com/tren/read/2024/12/11/140000265/status-jakarta-resm..	●
INTERNET SOURCE		
18. 0.19%	garasi.id https://garasi.id/artikel/bayar-tol-tanpa-sentuh-pakai-sistem-mlff/63e07fdd742...	●
INTERNET SOURCE		
19. 0.19%	ejurnal.itats.ac.id https://ejurnal.itats.ac.id/stepplan/article/viewFile/1550/1293	●
INTERNET SOURCE		
20. 0.19%	e-journal.trisakti.ac.id https://e-journal.trisakti.ac.id/index.php/rekaLTB/article/view/17957/10745	●



REPORT #24706025

INTERNET SOURCE		
21. 0.19%	digilib.unila.ac.id http://digilib.unila.ac.id/77894/3/SKRIPSI%20FULL%20TANPA%20BAB%20PEMB..	●
INTERNET SOURCE		
22. 0.17%	bpjt.pu.go.id https://bpjt.pu.go.id/konten/spm/definisi-spm	●
INTERNET SOURCE		
23. 0.16%	www.detik.com https://www.detik.com/jabar/berita/d-7718160/begini-3-langkah-tap-kartu-e-to...	●
INTERNET SOURCE		
24. 0.14%	repository.umsu.ac.id http://repository.umsu.ac.id/bitstream/handle/123456789/8541/SKRIPSI%20ARD..	●
INTERNET SOURCE		
25. 0.13%	telkomuniversity.ac.id https://telkomuniversity.ac.id/pengertian-data-fungsi-jenis-jenis-manfaat-dan-c...	●
INTERNET SOURCE		
26. 0.13%	www.softwareseni.co.id https://www.softwareseni.co.id/blog/apa-itu-sistem-manajemen-antrian-dan-ba..	●
INTERNET SOURCE		
27. 0.12%	repositori.uma.ac.id https://repositori.uma.ac.id/bitstream/123456789/1946/6/128110025_file6.pdf	●
INTERNET SOURCE		
28. 0.12%	ejournal.jagakarsa.ac.id http://ejournal.jagakarsa.ac.id/download_files.php?file=./img/jurnal/6_Jurnal%..	●
INTERNET SOURCE		
29. 0.12%	digilibadmin.unismuh.ac.id https://digilibadmin.unismuh.ac.id/upload/1933-Full_Text.pdf	●
INTERNET SOURCE		
30. 0.11%	ejournal.unsrat.ac.id https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/19279/18833	●
INTERNET SOURCE		
31. 0.1%	journal.unnes.ac.id https://journal.unnes.ac.id/sju/prisma/article/download/21533/10283/	●



REPORT #24706025

INTERNET SOURCE		
32. 0.09%	eprint.stieww.ac.id http://eprint.stieww.ac.id/1901/1/BUKU%20MO.pdf	●
INTERNET SOURCE		
33. 0.07%	digilib.unila.ac.id http://digilib.unila.ac.id/77178/3/3.SKRIPTSI%20TANPA%20BAB%20PEMBAHASAN..	●
INTERNET SOURCE		
34. 0.07%	portaluniversitasquality.ac.id:55555 http://portaluniversitasquality.ac.id:55555/1494/4/BAB%20II.pdf	●
INTERNET SOURCE		
35. 0.06%	dspace.uui.ac.id https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/272/05.1%20bab%201.pdf...	●
INTERNET SOURCE		
36. 0.05%	eprints.itn.ac.id http://eprints.itn.ac.id/9100/2/1412001-BAB%20I.pdf	●